

SIXTO HUGO RABERY-CÁCERES

**RENDIMENTO DA VARIEDADE DE FEIJÃO 'FT BONITO'
NA COMBINAÇÃO DE SISTEMAS DE SEMEADURA,
POPULAÇÕES DE PLANTAS E DOSES
DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Ronzelli Júnior

CURITIBA

2001



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

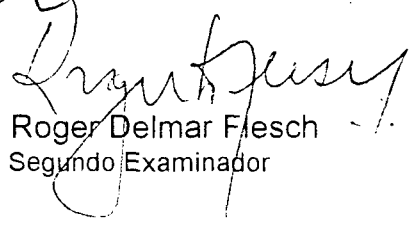
PARECER

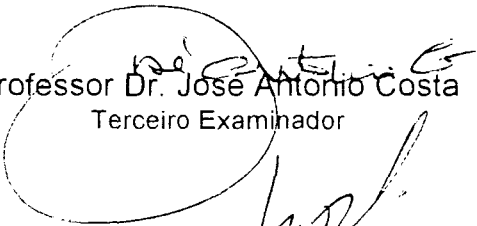
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **SIXTO HUGO RABERY CACERES**, sob o título "**RENDIMENTO DA VARIEDADE DE FEIJÃO 'FT BONITO' NA COMBINAÇÃO DE SISTEMAS DE SEMEADURA, POPULAÇÕES DE PLANTAS E DOSES DE NITROGÊNIO**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

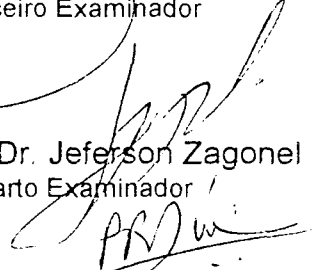
Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

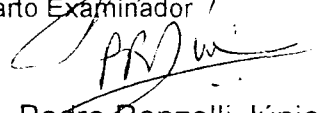
Curitiba, 20 de Dezembro de 2001.


Dr. Eduardo Antonio Bulisani
Primeiro Examinador


Dr. Roger Delmar Flesch
Segundo Examinador


Professor Dr. José Antonio Costa
Terceiro Examinador


Professor Dr. Jeferson Zagonel
Quarto Examinador


Professor Dr. Pedro Ronzelli Júnior
Presidente da Banca e Orientador

À minha esposa Emilce Georgina, exemplo inconfundível de fortaleza, valor, estímulo, companheirismo e dedicação. Pelo amor incomparável dedicado durante este belo tempo de nossas vidas.

Aos meus filhos Cecilia Emilce, Hugo Eduardo e Eduardo Esteban, pela paciência e acima de tudo pela compreensão de que o tempo dedicado aos estudos era parte do tempo deles, e pela alegria de viver a etapa mais bela da vida: a juventude; com humildade, carinho e amor

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Governo da República Federativa do Brasil (Programa de Estudantes Convênio de Pós-Graduação), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

À Universidade Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, pela liberação para a realização do curso, e ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela acolhida no curso.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Adelino Pelissari, Amir Pissaia, Aníbal de Moraes, Edilberto Possamai, Fernanda Rita Aguiar Zambon, Flávio Zanette, José Antonio Costa, Lino Monteiro Bittencourt, Luiz Antonio Biasi, Luis Doni Filho, Maria Lúcia da Costa Lima, Mário Niewegowski Filho, Valdo José Cavallet, Vismar da Costa Lima, e ao Dr. Heroldo Weber, que nas oportunidades que couberam, nas aulas ou nos corredores, contribuíram com seus conhecimentos ou na explicitação da amizade. Reconhecimento e agradecimento especial ao Professor Henrique Soares Koehler pela sua presteza para colaborar na elucidação das dúvidas das análises estatísticas, pela confiança e pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, aos técnicos e funcionários da Estação Experimental do Cangüiri, nas pessoas do Prof. Ivan de Conto, do Engº. Agrº. Márcio Muraro e do Sr. Rainério Ferrarini pela colaboração, apoio e assistência nos momentos requeridos.

Aos colegas Adhemar Pegoraro, Alceu Assmann, Amadeu Bonna Filho, Carla Pereira Estevão, Claudete Lang, Clécia Maria F. de Oliveira, Cyntia Maria Wachowicz, Denise Bruginski, Dirck C. Arhens, Eliane C. Gomes, Eliane R. Serpo, Giselda Maia Rego, Humberto Tomassino, João Ricardo Dittrich, José Antônio Schamne, José Carlos Sguário Jr., José A. de Freitas Picheth, José Cavassin Tossin, José Luis Camargo Zambon, Josiane Takassaki Ferrari, Larissa Macedo Winkler, Lucimeris Ruaro Schuta, Manoel Flores Lesama, Marcos A. Dalla Costa, Marcos V. Milléo, Maria Aildes de Freitas, Maria Helena E. Valentini, Marilene Buffon, Marlene Ferronato, Nicolau Mallman, Oswaldo Teruyo Ido, Pryscilla Menardin Zsazio, Sandra Medeiro, Sebastião Brasil C. Lustosa, Sérgio Alves, Silvio Alexandro Krinski, e Tangriani Simioni Assmann, pela amizade e a agradável companhia durante todo o tempo do curso.

Aos amigos e colegas que junto com seus familiares, compartilharam comigo durante o

decorrer desta etapa. Cada um sabe a dimensão e o valor da amizade: Jorge e Eliana Ferreira Kusdra, Marilis e Obdulio Gomes Miguel, Shizuo e Maria José Maeda e, Solange Ribas Zaniolo.

Aos professores e colegas da Facultad de Ciencias Agrárias da Universidade Nacional de Asunción: Andrés Armadans, Horacio Centrón, José Miranda, Luis Roberto González, Luis Guillermo Maldonado, Lorenzo Meza, Oscar Molas, Pedro Gerardo González e, Vidal Tadami Seki. A Maria Gloria Ovelar, um reconhecimento especial pela cooperação.

Aos meus co-orientadores, Professores Edelclaiton Daros e Flávio Felipe Kirchner, expresso meus agradecimentos pelo apoio, confiança e estímulo.

Ao Professor Pedro Ronzelli Júnior o mais profundo agradecimento pela sua acolhida e orientação, pelo seu estímulo, sua franqueza, clareza e boa vontade, por compartilhar seu trabalho e seu tempo, assim como sua disposição para escutar, discutir e aceitar com paciência e liberdade os desafios do dia a dia e pelo respeito e consideração para com minha família. Não posso deixar de exteriorizar minha profunda gratidão pela confiança e amizade depositada em minha pessoa.

Homenagem de profunda gratidão e reconhecimento aos meus pais Hugo Esteban (*in memoriam*) e Nicolasa, pelo seus exemplos e ensinamentos imorredouros, aos meus sogros Eduardo e Cristina e a todos os meus familiares, que com constância e paciência acompanharam firmes na distância, marcando presença com seus estímulos, orações, carinho e compreensão durante esta longa jornada.

Peço desculpas àquelas pessoas ou instituições que pelo esquecimento não puderam ser nomeadas nestas páginas, mas, cada uma contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho e a todas agradeço.

*"Se va, con lágrimas se aleja,
el que lleva la simiente.
¡Ya viene!, con júbilo regresa,
trayendo sus gavillas".
Salmo 126 (125), 6*

*"Chorando de tristeza sairão,
espalhando suas sementes;
cantando de alegria voltarão,
carregando os seus feixes".
Salmo 126 (125), 6*

BIOGRAFIA DO AUTOR

SIXTO HUGO RABERY CÁCERES, filho de Hugo Esteban Rabery e de Nicolasa Cáceres de Rabery, nasceu em Fernando de la Mora, Paraguay, em 28 de março de 1952. Casado com dona Emilce Georgina Irala de Rabery, é pai de Cecilia Emilce, Hugo Eduardo e Eduardo Esteban.

Cursou o ensino fundamental na Escola Graduada “Pitiantuta” e o ensino secundário na cidade de Asunción no “Colegio Nacional de la Capital” e em 1977 recebeu o grau de Ingeniero Agrónomo, conferido pela Facultad de Ingeniería Agronómica da Universidad Nacional de Asunción.

De 1977 até 1982 desempenhou-se na empresa privada, em julho de 1982 incorporou-se ao Instituto Agronómico Nacional, um dos centros de pesquisas agronómicas do Ministerio de Agricultura y Ganadería. Em março do ano 1989 iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração “Plantas de Lavoura”, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS, finalizado em 30 de setembro de 1991, obtendo o grau de “Mestre em Fitotecnia”, reincorporando-se ao Instituto Agronómico Nacional.

Em março de 1995 incorporou-se ao Departamento de Producción Agrícola da Facultad de Ciencias Agrarias da Universidad Nacional de Asunción, onde é Chefe da División Agronomía e Professor Adjunto na cátedra de Malezas I. Em março de 1998 iniciou o Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Setor de Ciencias Agrarias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Paraná em nível de Doutorado.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE	vi
BIOGRAFIA DO AUTOR	vii
SUMÁRIO	viii
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE ANEXOS	xvii
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xix
RESUMEN	xx
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 SISTEMAS DE SEMEADURA.....	3
2.2 POPULAÇÃO DE PLANTAS	5
2.3 NITROGÊNIO	7
3. METODOLOGIA	10
3.1 LOCAL, SOLO E CLIMA	10
3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	11
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	12
3.4 AVALIAÇÕES E MEDIÇÕES.....	13
3.4.1 Avaliações de Campo	13
3.4.2 Avaliações em Laboratório	14
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICA.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA	16
4.2 EXPERIMENTO 1: SEMEADURA CONVENCIONAL COM 0,35 m ENTRE FILEIRAS ..	17
4.2.1 População e desenvolvimento de plantas	17
4.2.2 Resultados do experimento	18

4.2.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento	18
4.2.4 Parte aérea da planta	20
4.2.5 Índice de colheita aparente	21
4.3 EXPERIMENTO 2: SEMEADURA CONVENCIONAL COM 0,50 m ENTRE FILEIRAS	24
4.3.1 População e desenvolvimento de plantas	24
4.3.2 Resultados do experimento	25
4.3.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento	25
4.3.4 Parte aérea da planta	27
4.3.5 Índice de colheita aparente	29
4.4 EXPERIMENTO 3: SEMEADURA DIRETA COM 0,35 m ENTRE FILEIRAS	30
4.4.1 População e desenvolvimento de plantas	30
4.4.2 Resultados do experimento	31
4.4.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento	31
4.4.4 Parte aérea da planta	33
4.4.5 Índice de colheita aparente.....	35
4.5 EXPERIMENTO 4: SEMEADURA DIRETA COM 0,50 m ENTRE FILEIRAS	35
4.5.1 População e desenvolvimento das plantas	35
4.5.2 Resultados do experimento	36
4.5.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento	37
4.5.4 Parte aérea da planta	39
4.5.5 Índice de colheita aparente	41
4.6 ALTURA DA PLANTA NO MOMENTO DA COLHEITA	41
4.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS	42
5 CONCLUSÕES	50
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	61

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Resultados da análise das características químicas do solo das áreas experimentais, em camada de 0 – 20 cm, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	10
QUADRO 2	Resultados da análise das características granulométricas do solo das áreas experimentais, em camada de 0 – 20 cm, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	11
QUADRO 3	Sistema de semeadura, espaçamento entre fileiras, população de plantas por hectare e doses de nitrogênio aplicados em quatro experimentos com a cultura do feijoeiro, EEC, Pinhais, PR, 1998/99.....	12
QUADRO 4	Descrição dos estádios de desenvolvimento da planta do feijoeiro.....	13

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura do feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	18
TABELA 2	Rendimento (kg.ha ⁻¹), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	19
TABELA 3	Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	20
TABELA 4	Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	20
TABELA 5	Massa seca (g) da parte aérea de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	21
TABELA 6	Massa seca (g) de folhas de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	22
TABELA 7	Área foliar (cm ²) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	22

TABELA 8	Índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99.....	23
TABELA 9	Índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99.....	23
TABELA 10	Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura do feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	24
TABELA 11	Rendimento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	25
TABELA 12	Números médios de vagens por planta e de grãos por vagens e massa seca 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	26
TABELA 13	Número médio de grãos por vagem em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	27
TABELA 14	Massa seca (g) da parte aérea de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	28
TABELA 15	Massa seca de folhas (g) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	28

TABELA 16	Área foliar (cm ²) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	29
TABELA 17	Índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	29
TABELA 18	Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura do feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99 .	30
TABELA 19	Rendimento (kg.ha ⁻¹), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	32
TABELA 20	Números médios de vagens por planta, de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	33
TABELA 21	Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	33
TABELA 22	Massa seca (g) da parte aérea de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	34
TABELA 23	Massa seca de folhas (g) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	33
TABELA 24	Área foliar (cm ²) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	35

TABELA 25	Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99 .	36
TABELA 26	Rendimento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	37
TABELA 27	Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	38
TABELA 28	Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99 .	39
TABELA 29	Massa seca (g) da parte aérea e de folhas e área foliar de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	40
TABELA 30	Massa seca (g) da parte aérea e de folhas e área foliar de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	41
TABELA 31	Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	42
TABELA 32	Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	43

TABELA 33	Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	43
TABELA 34	Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	44
TABELA 35	Rendimento (kg.ha ⁻¹), corrigido para 13% de umidade, em feijoeiros da variedade 'FT Bonito'. Efeito de populações de plantas em sistemas de semeadura e espaçamentos entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	46
TABELA 36	Rendimento (kg.ha ⁻¹), corrigido para 13% de umidade, em feijoeiros da variedade 'FT Bonito'. Efeito de doses de nitrogênio em sistemas de semeadura e espaçamentos entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	48

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Temperaturas máximas e mínimas (°C) e precipitações pluviais (mm) durante o ciclo de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em quatro experimentos, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99. (Ciclo 01 DEZ a 31 MAR)	16
----------	---	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	62
ANEXO 2	Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	63
ANEXO 3	Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	64
ANEXO 4	Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99	65

RENDIMENTO DA VARIEDADE DE FEIJÃO 'FT BONITO' NA COMBINAÇÃO DE SISTEMAS DE SEMEADURA, POPULAÇÕES DE PLANTAS E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

Durante o ano agrícola 1998/99 foi conduzido na Estação Experimental do Cangüiri (EEC), unidade do Centro de Estações Experimentais (CEEx) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Pinhais, PR, quatro experimentos de campo com o objetivo de avaliar a combinação de manejo da planta do feijoeiro que melhor permita explorar o potencial de rendimento da cultura nos sistemas de semeadura convencional e direta, com dois espaçamentos entre fileiras (0,35 e 0,50 m), determinando a melhor população de plantas e a dose adequada de nitrogênio para maior rendimento. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi de blocos ao acaso com 16 tratamentos constituídos do arranjo fatorial de quatro populações de plantas (285, 427, 570 e 712 mil plantas por hectare) e quatro doses de nitrogênio na forma de uréia (0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹) aplicados em cobertura, com quatro repetições. Dois experimentos eram em condições de semeadura convencional (SC) e dois em ambiente de semeadura direta (SD) com espaçamentos entre fileiras de 0,35 m e 0,50 m cada um, utilizando-se a variedade 'FT Bonito', de hábito de crescimento indeterminado, tipo II, tegumento de cor creme com listas havana, do tipo carioca. Os resultados mostraram que: plantas com espaçamento entre fileiras de 0,50 m, em sistema de semeadura convencional, apresentam rendimentos nominais mais elevados; as populações de plantas utilizadas não influenciam o rendimento de grãos; os melhores rendimentos são obtidos com populações variando entre 250 e 300 mil plantas por hectare; não há resposta definida ao nitrogênio aplicado e, o espaçamento de 0,50 m entre fileiras permite melhor desenvolvimento das plantas e tratos culturais mais eficientes.

YIELD OF BEAN VARIETY 'FT BONITO' IN A COMBINATION OF SEEDING SYSTEMS,
PLANT POPULATION AND NITROGEN QUANTITY.

ABSTRACT

During the 1998/99 growing season, four field experiments were carried out, at the "Cangüiri" Experimental Station of the "Universidade Federal do Paraná", in Pinhais, PR, a Curitiba plateau region. The objective was to estimate the best combination of crop management for dry bean yield potential in conventional and no tillage cropping systems, two row spacing (0.35 and 0.50 m), four plant population (285, 427, 570 and 712 thousand.ha⁻¹) and four nitrogen level (0, 40, 80 and 120 kg.ha⁻¹) in urea form, applied at row plant side. The soil is classified as a "Latossolo Vermelho-Amarelo Álico". The experimental design for each experiment was a completed randomized block with four replication in a factorial arrangement of 16 treatments (four plants populations and four nitrogen level). It was used the 'FT Bonito' variety, an indeterminate bean variety, type II growth habit, cream coat color with havana listed, "carioca" commercial group. Two of the experiments were carried out in the conventional cropping system and two others in a no tillage cropping system, each experiment with 0.35 and 0.50 m row spacing. Plants with row spacing of 0.50 m, in the conventional seedling system show higher nominal yields; used plant population do not influence the grain yield; the best yield are obtained with plant population between 250 and 300 thousand plant per hectare; there is no defined response to the applied nitrogen ; and the 0.50 m row spacing allow better plant development and more efficient culture traits.

RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE HABILLA 'FT BONITO' EN UNA COMBINACIÓN DE SISTEMAS DE SIEMBRA, POBLACIONES DE PLANTAS Y DOSIS DE NITRÓGENO

RESUMEN

Durante el año agrícola 1998/99 fue realizado en la "Estação Experimental de Cangüiri" (EEC), una unidad del Centro de Estaciones Experimentales (CEEx) de la "Universidade Federal do Paraná" (UFPR), en Pinhais, Paraná, cuatro experimentos de campo con el objetivo de evaluar la combinación de manejo del cultivo de la habilla que permita explotar el potencial de rendimiento del cultivo en los sistemas de producción siembra convencional y en ambiente de siembra directa, determinando la mejor población de plantas y la dosis adecuada de nitrógeno para el mejor rendimiento. El suelo del área está clasificado como Latosol Rojo-Amarillo Álico. El delineamiento experimental utilizado en cada experimento fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 16 tratamientos con arreglo factorial de, cuatro poblaciones de plantas (285, 427, 570 y 712 mil plantas.ha⁻¹) y cuatro dosis de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg.ha⁻¹) aplicados en forma de urea. Dos experimentos fueron en siembra convencional (SC) y dos en siembra directa (SD) con espaciamiento entre hileras de 0,35 y 0,50 m cada uno, utilizándose la variedad de habilla 'FT Bonito', de hábito de crecimiento indeterminado, tipo II, tegumento de color crema con listas habana, del tipo comercial carioca. Los resultados mostraron que: plantas con espaciamiento de 0,50 m entre hileras, en sistema de siembra convencional presentan rendimientos nominales mas elevados; las poblaciones de plantas empleadas no influyen el rendimiento de granos; los mejores rendimientos son obtenidos con poblaciones que varían entre 250 y 300 mil plantas por hectárea; no hay respuesta definida al nitrógeno aplicado y, el espaciamiento de 0,50 m entre hileras permite mejor desarrollo de las plantas y cuidados culturales mas eficientes.

1 INTRODUÇÃO

O feijão é uma das mais importantes fontes de proteína na dieta alimentar do povo brasileiro, o que o torna quase diário na mesa das populações rural e urbana. Em razão da sua boa adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas do Brasil, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) faz parte da maioria dos sistemas produtivos de pequenos e médios produtores, cuja produção é direcionada ao consumo familiar e à comercialização do excedente, sendo portanto a espécie mais cultivada entre as demais do gênero, contribuindo com cerca de 95% da produção mundial. A cultura passou, recentemente, a atrair produtores usuários de tecnologias mais avançadas que, necessariamente, irão reclamar novas técnicas de produção para utilizar em suas propriedades.

Considerando apenas o gênero *Phaseolus*, o Brasil é o maior produtor mundial dessa fabácea (leguminosa), atingindo em 1998, mais de três milhões de hectares com rendimento médio superior a 650 kg.ha⁻¹ (67), e um consumo estimado para o ano de 2000, de 20 kg.habitantes.ano⁻¹, que deverá ser acompanhado, obrigatoriamente, de aumentos na produção e na produtividade. Dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (65) mostram que o volume dos negócios internacionais de produtos alimentícios, especificamente pela importação do grupo denominado leguminosas secas, incluindo o feijão e outros semelhantes, atingiu U\$ 113,99 milhões das quais apenas U\$ 2,96 milhões (2,6%) corresponderam às exportações dos mesmos. Outros dados da mesma organização (66) indicam que no ano de 1997 a superfície da América do Sul coberta por feijão e afins foi superior a quatro milhões de hectares, com produção total próxima de três milhões de toneladas e rendimento médio de 710 kg.ha⁻¹.

O feijoeiro é planta muito exigente em nutrientes, sensível a fatores climáticos extremos como alta ou baixa umidade do solo, alta ou baixa temperatura do ar, ventos fortes e, também, é muito sensível a pragas e doenças. Estes e outros fatores de manejo além do desconhecimento das respostas da espécie às condições do ambiente e às modificações desses mesmos fatores, fazem com que esta cultura seja considerada como de produtividade regular a baixa. Alguns desses fatores podem ser determinantes para a obtenção do potencial de rendimento da cultura, o que é de inestimável importância, aos agricultores do Estado do Paraná, um dos maiores produtores da espécie no País.

Persiste o consenso generalizado de que, todos os aspectos de manejo da cultura

do feijoeiro, foram estudados com profundidade e rigor. No entanto, novas variedades foram criadas e outras foram aperfeiçoadas. Isso indica que há necessidade de rever conceitos sobre nutrição mineral, época e metodologia de aplicação de nutrientes, época de semeadura para cada região, população de plantas (densidade x espaçamento entre fileiras) e produtos químicos utilizados para os controles fitossanitários da cultura.

É comum a utilização de 0,50 m de separação entre fileiras de plantas e 10 a 15 plantas por metro linear, para a maioria das variedades de feijoeiro. Entretanto, variando o espaçamento entre as fileiras ou a densidade de plantas na mesma, pode-se, entre outros, contribuir para a redução da interferência de plantas daninhas proporcionando maior vantagem competitiva à cultura; favorecer o uso mais adequado dos fertilizantes, especialmente, do nitrogênio; e contribuir para a diminuição da perda de água por evaporação do solo.

O estabelecimento de vigorosa e uniforme população de plantas tem preponderante importância para se obter sucesso na produção da maioria das culturas. Sem uma boa população de plantas a aplicação de outras práticas agronômicas poderá não contribuir para aumentar a produtividade além do que a efetividade de cada nova unidade do insumo aplicado pode não atender a expectativa de produção. Por outro lado, quando o manejo da cultura se baseia na semeadura direta, a cobertura morta deixada sobre a superfície do solo, além da proteção do mesmo, também recicla nutrientes, em particular o nitrogênio.

Os resultados sobre a adubação nitrogenada para o feijoeiro, no Paraná e no País, é variada e a maioria dos trabalhos foi desenvolvida em semeadura convencional, utilizando populações próximas de 250 mil plantas por hectare, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras.

As populações de plantas utilizadas na cultura do feijoeiro, ao longo dos anos, estiveram sempre relacionadas com o hábito de crescimento e, conseqüentemente, com a arquitetura das plantas. Em anos recentes tem sido observado que os programas de melhoramento têm lançado no mercado plantas com hábito de crescimento mais ereto que requerem outros padrões de manejo.

Com esses antecedentes e considerando a nova arquitetura das plantas sugere-se que, maiores populações de plantas, em arranjos de espaçamento e densidade de semeadura adequados, poderão utilizar mais eficientemente a adubação nitrogenada, tanto em semeadura direta quanto convencional, e permitir melhor exploração do potencial de rendimento desta cultura, expresso em incrementos na produtividade. Assim o objetivo do trabalho foi comparar quatro populações de plantas associadas a quatro doses de nitrogênio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Práticas de manejo do solo, tais como, método de cultivo, adubação e mudanças na densidade de plantas, têm decisiva influência no crescimento e no comportamento da planta de feijoeiro, alterando profundamente a sua eficiência na utilização, entre outras, dos nutrientes, da água, da radiação solar e do espaço. Outra característica importante, é a capacidade das plantas de se adaptar às mais variadas condições do meio na qual são produzidas. Muitas dessas características são profusamente utilizadas pelos melhoristas e pelos produtores.

2.1 SISTEMAS DE SEMEADURA

Diferentes métodos de preparo de solo têm sido praticados com a intenção de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento da planta, tendo em vista aumentar o rendimento dos órgãos de interesse antropocêntrico das culturas. Métodos convencionais incluem aração e gradagem, às vezes subsolagem, e métodos mais modernos, preparo mínimo, zero lavrança e semeadura direta. O preparo do solo pelos métodos convencionais deixa a superfície desestruturada, muitas vezes em condições que favorecem a erosão. Em razão disso, os métodos alternativos, mais cuidadosos com a conservação do solo, passaram a ser empregados com maior freqüência. A semeadura direta, como técnica de cultivo e manejo mais racional do solo, baseia-se em que, se o solo não for revolvido por arado ou grade, em cada semeadura, há menor risco de ocorrer erosão. Esta técnica imita a natureza, sendo o método que mais se aproxima de um sistema ecológico natural (74). Como consequência, o sistema de semeadura direta constrói, ao longo do tempo, um solo estratificado, com acúmulo acentuado de matéria orgânica e nutrientes (57, 73).

Antes da invenção da máquina, a semeadura compreendia a limpeza da área, a abertura das covas e a colocação das sementes, sem revolição do solo. Com a mecanização e o advento dos herbicidas e, consideradas as pressões pela produção de alimentos, os efeitos da grande perda do solo pela erosão e o avanço das fronteiras agrícolas, tem sido observado um aumento de áreas em semeadura direta. Esse sistema de semeadura, do tipo conservacionista, é desejável para a cultura do feijoeiro, tendo em

conta que cultura como a soja responde perfeitamente a esse sistema de cultivo (115). No entanto, são necessárias algumas mudanças e adequações para o manejo da cultura do feijoeiro, tais como, ajuste da população de plantas (espaçamento entre fileiras x densidade), épocas de semeadura, fertilização e outras práticas (77, 79).

A produção de culturas em sistema de semeadura direta resulta em mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo, incluindo o incremento no conteúdo de matéria orgânica, o acúmulo de nutrientes e estabilidade dos agregados. Coletiva ou individualmente, essas mudanças influenciam no crescimento da planta, podendo ser deprimentes, neutras ou benéficas para a expressão das características e rendimento da cultura (116).

Entre alguns dos aspectos que diferenciam os dois sistemas de preparo do solo tem-se que, nos primeiros anos de cultivo, o sistema convencional disponibiliza mais nitrogênio para a cultura que o sistema direto, em razão do revolvimento do solo permitir maior mistura dos resíduos orgânicos com as partículas do solo. Dessa forma, favorece maior atividade biótica e abiótica da biomassa, pela maior oxigenação do solo, promove decomposição mais rápida desses resíduos e mineralização do nitrogênio, perdas do conteúdo de carbono, de solo e do equilíbrio na relação matéria orgânica/minerais e da qualidade do solo, além de ocorrer maiores oscilações térmicas e de umidade do solo.

No sistema de semeadura direta na palha, os resíduos orgânicos não são incorporados ao solo, o que resulta em menor decomposição e incorporação da matéria orgânica, sobretudo daqueles pobres em nitrogênio, como restos de gramíneas, que imobilizam o nitrogênio e diminuem seu suprimento para uso da cultura seguinte, especialmente durante períodos de alta demanda pela cultura em desenvolvimento sobre esse solo (29, 75). Esses componentes nitrogenados podem ser liberados pela decomposição da palha sub-superficial e superficial nos ciclos posteriores, aumentando sua disponibilidade (30, 88). Essa mesma cobertura vegetal morta, em solos com menor conteúdo de água, independente da cultura em produção, facilita a emergência e o estabelecimento das plântulas e a melhoria do rendimento, entre outros fatores, pela menor variação da tensão matricial da água no solo, ao mesmo tempo que mantém a temperatura do solo mais estável (20, 56, 98).

Nas regiões temperadas, úmidas e sub-úmidas, onde ocorre a maior parte da produção mundial de alimentos, há períodos variáveis de deficiência de água durante a estação de crescimento do feijoeiro. A Região do Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba situa-se nestes limites (81). Os resíduos vegetais deixados sobre a superfície do solo, mesmo sendo de plantas indesejáveis, o protegem da perda de água causada por radiação

solar, ação dos ventos e arrasto erosivo e da ação da chuva. Como resultado, dissipa a alta energia cinética das gotas, aumentam a tortuosidade do fluxo e diminuem a velocidade superficial da enxurrada, permitindo que a água seja absorvida com maior facilidade, armazenando-a e disponibilizando-a para uso pelas plantas (13, 60, 85).

Por outro lado, as semeaduras direta e convencional não foram diferentes em relação ao conteúdo de água no solo, população final e rendimento quando o ciclo da cultura ocorreu em período de chuvas escassas. Entretanto, a cobertura morta sobre o solo, apresentou efeito alelopático sobre outras espécies indesejadas ou não (65, 79, 83, 113, 116), produzindo respostas variadas segundo as condições meteorológicas (115).

A escassez de água durante os períodos críticos do desenvolvimento do feijoeiro é prejudicial para a taxa assimilatória líquida, o índice de área foliar e a formação de flores, assim como, o excesso de água no solo pode influenciar negativamente sobre o desenvolvimento das plantas e o rendimento final (9, 27, 98). Restos culturais de cobertura do solo, cortados em diferentes alturas, permitiram que plantas de feijoeiro apresentassem menor acamamento e maior altura de inserção das primeiras vagens, o que viabilizou a colheita mecanizada e rendimento mais elevado em razão das vagens estarem mais limpas, quando comparado com plantas cultivadas no sistema convencional, além de retardar o aparecimento de plantas daninhas (3, 12, 19, 22, 62).

Resultados de pesquisas em sistema de semeadura direta envolvendo o feijoeiro são relativamente escassos. Na região dos Campos Gerais no Paraná, algumas poucas experiências indicam respostas promissoras do feijoeiro, por exemplo, com populações desde 133 a 310 mil plantas por hectare, sempre que a cultura se desenvolvia em um meio livre da concorrência de outras espécies de plantas (53), os rendimentos tenderam a ser mais elevados até atingir uma média de 250 mil plantas, apesar de os componentes do rendimento diminuírem (78).

2.2 POPULAÇÃO DE PLANTAS

A forma de distribuição das plantas dentro das fileiras e o espaçamento dessas, muda a característica morfológica e o comportamento das plantas na interceptação da radiação solar e o tempo para cobertura do espaço que rodeia a cada uma delas. Como resultado modifica, a taxa de acúmulo de fotoassimilados durante os períodos vegetativos e iniciais do reprodutivo, não obstante a plasticidade que permite ao feijoeiro compensar o rendimento final por meio dos componentes primários de produção (42, 90, 109), por exemplo, aumento na quantidade de vagens produzidas por área (15).

Adequações aos mais diversos fatores de produção, como foram os baixos custos da energia para irrigação, preparo do solo, adubos abundantes e baratos e de outros recursos do ambiente, propiciaram a obtenção de avanços na produção e produtividade agrícola no passado. O surgimento de novas variedades de plantas, com características e exigências maiores, criaram condições que levaram ao incremento na densidade de plantas para obtenção de maiores produções em ambientes favorecidos com recursos mais escassos e custos mais elevados (16). O incremento na densidade populacional em um determinado momento converte-se em estresse pela interferência entre plantas vizinhas, que origina uma reação de cada indivíduo da comunidade. As plantas respondem ao estresse populacional pelo menos de duas formas: por meio de plasticidade no crescimento ou pelo risco de mortalidade latente (80), buscando capturar o máximo de nutrientes. Um decréscimo na produção do produto economicamente desejado costuma ser o principal resultado de uma competição entre plantas pelo uso de nutrientes e do espaço, influenciando negativamente os componentes do rendimento (53).

Uma população vigorosa e uniforme de plantas, é de fundamental importância para se obter sucesso na produção das culturas. Sem ela, a efetividade da aplicação de insumos e práticas agronômicas se reduz drasticamente e, usualmente, cada aplicação de uma nova unidade de insumo raramente pode ser compensada com maior rendimento, pelo impacto negativo da baixa ou pobre população de plantas. O comportamento do feijoeiro em sistemas de cultivo do tipo conservacionista é menos conhecido do que em sistema convencional, especialmente quanto a população de plantas, sanidade das mesmas e utilização de insumos químicos.

O estabelecimento de uma cultura com alta população de plantas sãs, em fileiras estreitas possibilita que as plantas ocupem espaços mais eqüidistantes, compitam contra os estresses bióticos e abióticos, consigam rápido fechamento dos espaços interfileiras, aumentem o índice de área foliar e a capacidade de interceptação da luz solar, tenham inserção mais elevada das primeiras vagens, fatores que contribuem para maior rendimento do feijoeiro, menor evaporação da água do solo e diminuição da erosão laminar (22, 41, 55, 62, 107).

Por outro lado, com o aumento da população de plantas se inicia uma competição entre elas. Esta sucede quando dois organismos exploram um mesmo ambiente e exigem uma quantidade determinada de um fator particular que não está disponível para suprir a necessidade e, a demanda a supera. Desse modo, qualquer indivíduo que consiga vantagem na utilização do recurso terá maior capacidade de ocupar espaço, independente do seu hábito de crescimento, produzir maior área e tamanho de folhas e também de taxa

de crescimento, resultando, com o tempo, na eliminação de um outro organismo com inferioridade no desempenho (95, 114). O aparecimento da competição por nutrientes e espaço ocasiona, na planta como indivíduo, perdas na área foliar e na expressão dos componentes do rendimento. O incremento no número de vagens por área pode causar diminuição no número grãos por vagem e na massa das sementes, com maior frequência em plantas de hábito de crescimento indeterminado (1, 25, 31, 54, 61). O feijoeiro possui a capacidade de compensar a abscisão de flores e vagens pelo aumento no tamanho médio dos grãos ou pelo florescimento posterior em plantas de crescimento indeterminado (14).

Culturas semeadas em espaçamentos mais estreitos, variando número de plantas por metro linear, permitem que a ocupação dos espaços intrafileiras seja mais eficiente em razão da equidistância entre plantas, com reflexos em maior número de vagens por área e aumento na produção de sementes, dependendo da quantidade de plantas colhidas (17, 18, 25, 61). A maior produção de matéria seca por área, nas populações de plantas mais elevadas, pode não se expressar em rendimentos elevados, mesmo que o ambiente permaneça ótimo, e o inverso ocorre em populações menores (25, 61), mostrando plasticidade da cultura, embora as plantas passem a ter uma determinada capacidade de suprimir plantas invasoras pelo aumento no índice de área foliar (114). Em condições de semeadura convencional, normalmente utilizada para o feijoeiro, de 0,50 m entre fileiras, populações entre 200 a 300 mil plantas por hectare, as plantas não mostram proporcionalidade entre o número de plantas e o rendimento (84).

2.3 NITROGÊNIO

Desde o momento em que a plântula exaure as reservas parentais contidas na semente, torna-se independente, momento em que inicia sua dependência da habilidade de buscar no médio externo, os elementos necessários para seu desenvolvimento. Plantas de qualquer espécie vegetal, em estado de crescimento acelerado, e ocupando espaços próximos interagem entre si, mudando seu comportamento para competir por espaço (luz, água e nutrientes). A concorrência por usufruir os nutrientes disponíveis no ambiente das raízes são das mais fortes (80), assim, correção de acidez e adubação do solo são práticas fundamentais de manejo para obtenção de alta produtividade.

Na cultura do feijoeiro o nitrogênio desempenha destacado papel, como elemento essencial para o desenvolvimento da planta, principalmente, no que se refere ao incremento da produção, associando sua presença a todos os processos vitais, influenciando sobre a fertilidade do ovário para a formação das sementes (11, 101, 102). É nutriente de alta

mobilidade no solo e na planta, esta mobilidade depende, em grande parte, da presença de drenos como as inflorescências e os órgãos de reserva e, também, da capacidade de absorção do nitrogênio do solo pelas plantas e da fixação via bactérias nitrificadoras (64, 76, 101). Restrições de nitrogênio reduzem o crescimento e o rendimento das plantas cultivadas, portanto, uma deficiência no suprimento de nitrogênio durante a fase de crescimento vegetativo altera a taxa de produção de fotossintatos e a distribuição do nitrogênio aos diferentes órgãos da planta e, no rendimento, pela maior abscisão de órgãos reprodutivos, resultando em menor número de vagens e sementes normais produzidas pela planta. Estes resultados se refletem no índice de colheita, um indicador da acumulação de fotossintatos em órgãos de interesse antropocêntrico, a relação entre o rendimento agrônomo e o rendimento biológico no momento da colheita (7, 8, 33, 111)

A acumulação de matéria seca no grão se constitui na principal etapa na conformação do rendimento de uma cultura. Esta é uma função entre a taxa de acúmulo de matéria seca e da duração do período de enchimento do grão. Por sua vez a taxa de acumulação de matéria seca no grão depende de suficiente quantidade de células que demandem os compostos formados na fotossíntese (34), também a taxa e a duração do período de enchimento de grãos são influenciadas por fatores genéticos e exôgenos como temperatura, luminosidade, pluviosidade e adubação entre outros.

Elevadas produções de forragens ou grãos de qualquer cultura representam a retirada do solo de grandes quantidades de nutrientes que devem ser supridos por adubações apropriadas. Uma tonelada de grãos de feijão retira mais nitrogênio que qualquer outro macronutriente, tendo picos de absorção nos estádios que antecedem o florescimento e durante o mesmo, etapas do crescimento quando a eficiência de utilização do fertilizante é máxima (59, 63, 69, 101). No caso da semeadura direta os restos da cultura que sobraram sobre o solo apresentam a mais baixa quantidade de nitrogênio para esta etapa do crescimento do feijoeiro requerendo, portanto, aplicações suplementares do elemento (47, 63, 101). Muito se tem trabalhado sobre a época mais oportuna para a adubação nitrogenada, destacando sempre a necessidade do máximo aproveitamento para a expressão do potencial de rendimento da cultura, por exemplo, o aumento do número de vagens um dos componentes do rendimento, sugerindo-se o período entre o vigésimo e o trigésimo dia após a emergência como o ideal (63, 85, 101).

Uma cultura como o feijoeiro, que produz elevado conteúdo de proteínas, pode sofrer prejuízo no seu rendimento potencial, particularmente quando o solo não tem capacidade de suprir as necessidades de nitrogênio ou se o nível é limitante durante algum momento do ciclo da planta. Existe correlação negativa entre rendimento de grãos e

conteúdo de proteínas nos grãos, especialmente, quando o nível protéico é superior a 27%. Essa elevada demanda por nitrogênio mobiliza as reservas das partes vegetativas, reduzindo o nível de fotossíntese das folhas ou encurtando a duração da mesma (20, 34), havendo diferenças de origem genéticas e varietais (92).

Utilizando o feijoeiro realizaram-se inúmeros ensaios, no Brasil, para entender a ação da adubação nitrogenada. As respostas, até de experimentos realizados na mesma região, são dispare, de qualquer modo, alguns resultados mostraram incrementos na produção (6, 23, 42, 43, 64, 65, 76, 78, 85, 99). No entanto, não há como omitir que outros resultados foram nulos ou negativos como pode encontrarse num trabalho clássico do gênero na literatura brasileira (59), assim como em outras publicações (35, 40, 96, 105), em alguns casos com doses maiores a cem kilogramas de nitrogênio.

Isso, porém, não mostra que a planta deixou de absorver e utilizar o adubo nitrogenado, indicando que as variadas respostas observadas também dependem da localização, do tipo e da época de aplicação do adubo nitrogenado, da cultura anterior, do tipo de solo, do clima e do manejo ao qual foi submetida a cultura (5, 85, 91, 101). Outras estratégias também tem sido testadas na intenção de disponibilizar fontes de nitrogênio por meio do parcelamento de sua aplicação em cobertura, sejam por meio de aplicações nas fileiras de plantas (4) ou aproveitando a irrigação da cultura (51, 94) e até com aplicações no momento da semeadura.

Alguns resultados de ensaios com adição de adubos nitrogenados parcelando as doses entre os momentos de semeadura e 25 a 30 dias depois da emergência, não produziram efeito sobre a produção de matéria seca total da parte aérea, nem no número médio de vagens e de sementes por planta, nem no rendimento de grãos (21, 99), ou decrescimo no número final de plantas, no número de grãos por vagem (23). A massa de 100 sementes, parece ser o componente de produção que responde favoravelmente a doses de nitrogênio (21, 23, 43).

As diversas reações das plantas a aplicações de doses de nitrogênio podem ter sido mascarados pela matéria orgânica, que funciona como suporte de armazenamento de nutrientes e água, influenciando sobre o comportamento das plantas e nos fatores diretamente ligados ao solo (69).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL, SOLO E CLIMA

Quatro experimentos de campo foram realizados na Estação Experimental do Cangüiri (EEC), uma das unidades do Centro de Estações Experimentais (CEEx) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Pinhais, PR, localizada nas coordenadas geográficas de 25° 25' de latitude Sul e 49° 14' de longitude Oeste, entre as cotas de 907 e 945 m, com declividade média de 6% na região de paisagem natural do planalto de Curitiba, durante os períodos agrícolas de outubro a abril dos anos 1998/99.

No verão anterior à instalação dos experimentos, a área onde foram instalados os tratamentos em semeadura convencional, foi utilizada com milho (*Zea mays* L.) e no inverno com aveia preta (*Avena strigosa* L.). Nas áreas de semeadura direta, durante todo o ano, estavam cobertos com um consórcio de trevo branco (*Trifolium repens*), capim marmelada (*Brachiaria* sp) e azevém (*Lolium multiflorum*).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtroical e relevo suave ondulado (36). Amostras de solos de 0 a 0,20 m de profundidade foram retiradas das mesmas parcelas e analisadas no laboratório de análises de solos do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, e seus resultados encontram-se nos Quadros 1 e 2.

O clima da região, segundo Köppen, é definido como do tipo Cfb, sempre úmido, pluvial quente-temperado, o mês mais quente com temperatura menor que 22°C, 11 meses no ano maior que 10°C, mais de cinco geadas por ano e raramente neva. Pontualmente, a temperatura média anual é de 16,5°C, o mês mais quente tem média de 20,4°C e o mais frio

QUADRO 1 – Resultados da análise das características químicas do solo das áreas experimentais, em camada de 0–0,20 m, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99[†]

Sistema	pH (CaCl ₂)	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T	P	C	V
		cmol _c .dm ⁻³				mg.dm ⁻³		g.dm ⁻³		%
SC	4,80	0,30	10,50	12,60	8,10	0,13	23,23	12,00	32,8	54,80
SD	4,60	1,00	13,10	9,80	7,00	0,15	23,05	9,00	42,1	43,17

[†] Análise realizada no laboratório de Análises de Solos do Departamento de solos – UFPR

SC = Semeadura convencional; SD = Semeadura direta; T = Capacidade Total de Troca; V = Saturação de bases.

QUADRO 2 – Resultados da análise das características granulométricas do solo das áreas experimentais, em camada de 0-0,20 m, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99¹

Sistema	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila
	g.kg ⁻¹			
SC	120	100	340	440
SD	60	120	420	400

¹ Análise realizada no laboratório de Análises de Solos do Departamento de solos – UFPR
SC = Semeadura convencional; SD = Semeadura direta

frio com média 12,7° C. A precipitação pluvial média anual de 1451 mm, sendo os meses de agosto, novembro e dezembro os meos chuvosos, e janeiro o mais chuvosos. O número de dias plenamente claros sem nebulosidade apresenta uma média de 20 dias ao ano (77 anos de observações) (81).

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado nos quatro experimentos foi de blocos ao acaso com 16 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos estavam representados pelo arranjo fatorial de quatro populações de plantas com quatro níveis de adubação nitrogenada. Dois experimentos foram realizados em condições de semeadura convencional (SC) e dois em ambiente de semeadura direta (SD), com espaçamentos entre fileiras de 0,35 m e 0,50 m, perfazendo um total de quatro experimentos.

A variedade escolhida como indicadora dos efeitos dos tratamentos foi 'FT Bonito', de hábito de crescimento indeterminado, tipo II, porte semi-ereto, tegumento de cor creme com listas havana, e do grupo comercial carioca (44, 107). Duas semanas antes de efetuar-se a semeadura, foi efetuado um teste de comprovação do poder germinativo das sementes, obtendo-se o valor de 92%. No Quadro 3 é a apresentado um resumo dos tratamentos que constaram nos diversos experimentos.

A área total ocupada pelos experimentos foi de 3.340,80 m². Cada experimento com espaçamento de 0,35 m de distância entre as fileiras (1 e 3 no Quadro 3) ocupou 854,40 m² de área. Os blocos desses experimentos tinham 184,80 m² (16,8 m x 11,0 m). Cada parcela experimental constou de seis fileiras de plantas com 5,00 m de comprimento e 2,10 m de largura, perfazendo 10,50 m² de área. A área útil colhida foi composta pelas quatro fileiras centrais desprezados 0,50 m nas cabeceiras, perfazendo 5,60 m². Cada experimento com espaçamento de 0,50 m de distância entre as fileiras (números 2 e 4 no Quadro 3) ocupou 816,00 m² de área. Os blocos desses experimentos tinham 176,00 m² (16,0 m x 11,0 m). Cada parcela experimental foi constituída por quatro fileiras de plantas

QUADRO 3 - Sistema de semeadura, espaçamento entre fileiras, população de plantas por hectare e doses de nitrogênio aplicados em quatro experimentos com a cultura do feijoeiro, EEC, Pinhais, PR, 1998/99

Espaçamento entre fileiras	Semeadura Convencional		Semeadura direta	
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
	0,35 m	0,50 m	0,35 m	0,50 m
População de plantas por metro *	10 15 20 25	14 21 28 35	10 15 20 25	14 21 28 35
Doses de nitrogênio em kg de N por hectare	0 40 80 120	0 40 80 120	0 40 80 120	0 40 80 120

* A população de plantas, por hectare, corresponde, aproximadamente, a 285; 427; 570 e 712 mil plantas

com 5,00 m de comprimento e 2,00 m de largura, perfazendo 10,00 m² de área. A área útil colhida foi composta pelas duas fileiras centrais desprezados 0,50 m nas cabeceiras, perfazendo 4,00 m².

3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

As parcelas destinadas para a semeadura convencional foram preparadas antecipadamente, aplicando-se um herbicida de ação total a base de Glifosato 960 g. ia .ha⁻¹ para o controle da vegetação de cobertura, seguida de aração, gradagem e mais uma gradagem de nivelamento, dois dias antes da semeadura. Em seguida, foi feito o sulcamento nas distâncias de 0,35 m e 0,50 m entre as fileiras para cada um dos experimentos. A adubação de base, com base nas análises de solo, foi distribuída na linha e misturada ao solo, no equivalente a 90 kg .ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg . ha⁻¹ de K₂O.

Nas áreas para a semeadura direta a cobertura vegetal foi dessecada pela aplicação de Paraquat 400 g. ia .ha⁻¹ um mês antes da semeadura. Dois dias antes da semeadura, o solo foi sulcado nas distâncias indicadas antes com uma semeadeira "Semeato SHM 13" e o adubo de base com base, nas análises de solo, com equivalente a 90 kg .ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg . ha⁻¹ de K₂O, foi distribuída na linha e misturada ao solo.

As semeaduras dos experimentos nos dois espaçamentos entre fileiras e das quatro populações de plantas no sistema de semeadura convencional, foram realizadas em 7 de dezembro de 1998. As sementes foram distribuídas a mão nos sulcos em quantidade suficiente para se atingir a quantidade de plantas pré-estabelecida para cada tratamento e cobertas com solo. Nos experimentos em semeadura direta para os diferentes tratamentos

testados, as sementes foram distribuídas a mão dentro dos sulcos em 18 de dezembro do ano 1998, em quantidade suficiente para se atingir a população de plantas dos tratamentos nos dois espaçamentos entre fileiras. Em todos os casos, antes de serem semeadas, as sementes foram tratadas com um produto fungicida, Carbendazin 100 mL .ia + Thiram 150 g. ia, dose proporcional para 100 kg de sementes.

Para controle de plantas da cobertura vegetal que emergiram posteriormente à aplicação do dessecante, em todos os tratamentos em semeadura direta, foi pulverizado o Glifosato 720 g .ia .ha⁻¹, dois dias após a semeadura. Quando as plântulas estavam no estágio V₂ (39), foi realizado o desbaste dos excedentes de plantas para os ajustes das populações aos valores aproximados determinados para cada tratamento. No Quadro 4 é apresentado a descrição dos estádios de desenvolvimento do planta do feijoeiro.

As doses de nitrogênio que correspondem a cada tratamento, na forma de uréia, foram aplicadas lateralmente às plantas, nas fileiras, aos 28 DAE (dias após emergência) quando as plantas estavam no estágio V₄ nos experimentos em semeadura convencional. Nos experimentos em semeadura direta, as doses de nitrogênio foram aplicados aos 30 DAE quando as plantas estavam no estágio V₄.

Foi aplicado uma vez, quando as plantas estavam no momento da floração um composto de Thiophanatemethyl 200 g.kg⁻¹ mais Chlorothalonil 500 g.kg⁻¹ em dose relativa a 1.500 g.ha⁻¹ para o controle de doenças fúngicas.

QUADRO 4 – Descrição dos estádios de desenvolvimento da planta do feijoeiro¹

ESTÁDIO	EVENTOS
V ₀ *	Germinação.
V ₁	Emergência.
V ₂	Folhas primárias completamente expandidas.
V ₃	Primeira folha trifoliolada completamente aberta.
V ₄	Terceira folha trifoliolada completamente aberta.
R ₅	Prefloração (primeiro botão floral).
R ₆	Floração plena.
R ₇	Formação de vagem, com a corola da flor desprendendo-se.
R ₈	Enchimento de grãos, vagens atingem máximo comprimento.
R ₉	Maturidade fisiológica.

* V = estádios do período vegetativo; R = estádios do período reprodutivo.

¹ Fonte: Fernández *et al.*, 1985 (39)

3.4 AVALIAÇÕES E MEDIÇÕES

3.4.1 Medições de Campo

Durante o ciclo de desenvolvimento das plantas, as variáveis medidas foram:

- a) data da emergência das plântulas;
- b) população inicial de plantas no estágio V_2 , na parcela útil;
- c) dias até o fechamento dos espaços entre fileiras, em DAE (dias após emergência);
- d) dias até o florescimento pleno (R_6), em DAE;
- e) dias até a maturação fisiológica (R_9), em DAE;
- f) altura média da planta, em cm, medida desde a superfície do solo até a parte mais elevada da planta, no momento da colheita, em dez pontos de amostragens; e
- g) população final de plantas, no momento da colheita, na parcela útil.

3.4.2 Avaliações em Laboratório

Todas as avaliações laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Fitotecnia do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, PR, onde foram determinadas:

- a) massa seca da parte aérea, coletada no estágio de floração plena (R_6), em amostra de cinco plantas por parcela experimental, separadas em folhas e ramos;
- b) área foliar, em cm^2 , estimada pela relação entre a massa seca de uma amostra de área conhecida de folha e a massa seca das folhas separadas da determinação da variável anterior;
- c) componentes do rendimento, na colheita, em amostras de cinco plantas nas que foram contados os números totais de vagens e sementes por planta, que permitiram calcular o número médio de vagens por planta e o número médio de sementes por vagem, e ainda, a massa média de cem sementes, estas, em média de três amostras;
- d) índice de colheita aparente, em porcentagem, obtido da razão do peso de grãos e o rendimento total da parte aérea das plantas utilizadas na determinação dos componentes do rendimento; e
- e) rendimento de grãos, colhidos das plantas da área útil, corrigidos para 13% de umidade e convertidos em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Para a realização das determinações de massa seca das partes das plantas, cada parte foi acondicionada e colocada em sacos de papel devidamente identificados e postos a secar em estufa com circulação forçada de ar a temperatura aproximada de 75°C até peso constante. Para as pesagens foi utilizada uma balança eletrônica com precisão de dois dígitos decimais.

Para a determinação da área foliar foram retiradas três folhas de lâminas inteiras do quarto nudo antes do ápice do caule, separando uma amostra de quatro centímetros de lado (16 cm^2) de cada folha em cada parcela experimental, acondicionados em sacos de papel e

postos a secar. Tomados os pesos das amostras, estes foram relacionados com os pesos secos das folhas das plantas e calculadas as respectivas áreas foliares.

Os principais dados meteorológicos, temperaturas mínima e máxima, e precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura também foram considerados para as avaliações finais dos resultados dos experimentos.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados foi feita utilizando microcomputador. A homogeneidade das variâncias dos tratamentos foi verificada pelo teste de Bartlett. Após essa verificação foram realizadas as análises das variâncias, com posterior comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade quando os valores de F eram significativamente diferentes, e submetidos a análises de regressão para confirmação das diferenças entre as médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA

As temperaturas máximas e mínimas e a precipitação pluvial que prevaleceram durante o ciclo da cultura são mostradas na Figura 1. As precipitações ocorridas durante o ciclo de dezembro a março somaram 680,6 mm, que corresponde a 47% da média anual normal para a região, que é de 1.451 mm (INMET e SIMEPAR), distribuídas de maneira irregular e elevadas, durante os estádios fenológicos de floração e enchimento de grãos de, nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 1), comparando com a necessidade média mensal de água das plantas de feijoeiro que é, aproximadamente, de 100 mm (106).

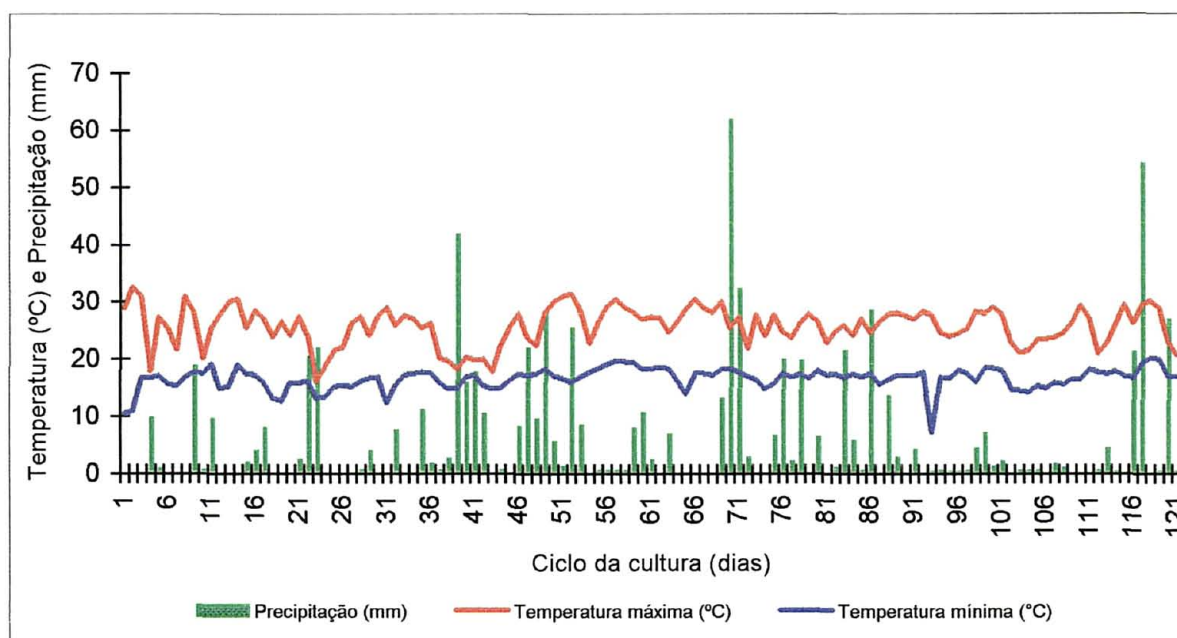


FIGURA 1-Temperaturas máximas e mínimas (°C) e precipitações pluviais (mm) durante o ciclo de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em quatro experimentos, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99. (Ciclo 01 DEZ a 31 MAR)
Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná).

Durante o ciclo da cultura as temperaturas médias máximas apresentaram valores normais para a época. Por outro lado, as temperaturas mínimas foram menores que as normais para a época, destacadamente durante dezembro e fevereiro e início de março (Figura 1).

4.2 EXPERIMENTO 1: SEMEADURA CONVENCIONAL COM 0,35 m ENTRE FILEIRAS

4.2.1 População e desenvolvimento das plantas

As plântulas de feijoeiro neste experimento, semeadura convencional com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, emergiram cinco dias após a semeadura. Os estádios do ciclo vegetativo duraram 39 dias e, os do ciclo reprodutivo, 50 dias, perfazendo um total de 89 dias desde a emergência até a maturação fisiológica.

Os resultados das contagens para as determinações das populações iniciais de plantas e as plantas colhidas no final do experimento são apresentados na Tabela 1. São, também apresentados, os valores absolutos e percentagens de reduções das populações iniciais e valores percentuais de plantas colhidas em relação à população desejada.

As reduções no número inicial de plantas em relação às desejadas aumentaram na medida em que a quantidade de sementes colocadas a germinar era mais que 500 mil sementes por hectare, especialmente quando superavam 700 mil, resultado que coincide com outros encontrados na literatura(104). Os dados mostram que há alta correlação entre as populações iniciais de plantas e as colhidas ($r = 0,95$). As populações maiores sofreram reduções mais drásticas na quantidade final de plantas, com valores entre 54 e 88% das populações desejadas (Tabela 1). Esses percentuais permitem interpretar que as populações se estabilizam entre, aproximadamente 250 mil e 390 mil plantas por hectare.

Este resultado pode ser por efeito da densidade de plantas na fileira, quando mais elevada causa maior nível de autosombreamento, produz maior competição pelo espaço e seus componentes, pela luz e pelos nutrientes, reduzindo o número final de plantas, como neste experimento, sendo essa competição mais forte quando o hábito de crescimento da planta é do tipo indeterminado (50).

Os espaços entre as fileiras de plantas, foram cobertos pelas partes aéreas das plantas de todas as populações, entre os 42 e 45 DAE. As plantas nessa condição de espaçamento de 0,35 m entre fileiras têm, mais área para explorar, permitindo o crescimento em todas as direções com a mesma velocidade, até atingir o fechamento dos espaços livres.

TABELA 1 - Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura do feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Desejadas	Populações de plantas (plantas.ha ⁻¹)				
	Inicial	Colhidas	Redução	Redução (%)	Colhida (%)
285.000	294.000	251.000	43.000	15	88
427.000	425.000	358.000	67.000	15	84
570.000	532.000	382.000	150.000	28	67
712.000	555.000	387.000	168.000	30	54

4.2.2 Resultados do experimento

Os resultados do experimento em semeadura convencional, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, foram submetidos a análises de variância e seus resultados estão no Anexo 1. Nela verifica-se que houve diferenças significativas, a 5% de probabilidade, para as massas secas da parte aérea e da folha, para a área foliar, para os número médio de vagens por planta e de grãos por vagem e para o índice de colheita aparente e, a 1% de probabilidade, para a massa média de cem grãos.

4.2.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento

Em sistema de semeadura convencional com espaçamento de 0,35 m entre fileiras, nem populações de plantas, nem doses de nitrogênio e nem suas interações influenciaram significativamente o rendimento de grãos (Anexo 1). No entanto, é importante destacar que esse rendimento variou de 1.371 kg.ha⁻¹ a 1.621 kg.ha⁻¹, observando-se diferença de 250 kg entre os rendimentos mínimo e máximo, e média geral de 1.471 kg.ha⁻¹, que é maior em 2,26 vezes a média brasileira (72), (Tabela 2).

A menor distância entre as fileiras de plantas permitiu que esses espaços fossem cobertos completamente entre 41 e 45 DAE. Isso criou um micro ambiente mais úmido, propício para a presença de doenças como a mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc) e a ferrugem (*Uromyces* sp), nas folhas e nas vagens, mesmo considerada a aplicação preventiva de fungicida. Esse fator pode ter sido determinante para que os rendimentos de grãos tenham sido os mais baixos de todos os experimentos, no entanto, a maior cobertura do solo

TABELA 2-Rendimento (kg.ha^{-1}), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações de plantas (1000 plantas.ha ⁻¹)		Doses de nitrogênio (kg.ha^{-1})				Média
Desejadas	Colhidas	0	40	80	120	
		Rendimento de grãos (kg.ha^{-1})				
285	251	1.474	1.462	1.521	1.397	1.464
427	358	1.551	1.435	1.407	1.428	1.455
570	382	1.546	1.371	1.527	1.379	1.456
712	387	1.513	1.516	1.621	1.388	1.509
Média	-	1.521	1.446	1.519	1.398	1.471

entre as fileiras foi a mais eficiente para a supressão de plantas indesejáveis nas parcelas.

O resumo das análises de variância dos componentes do rendimento são apresentados no Anexo 1 e os valores observados assim como as diferenças significativas de comparação de médias, nas Tabelas 3 e 4. Entre as variáveis estudadas houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, para número médio de vagens por planta e número médio de grãos por vagem e, a 1% de probabilidade, nas médias de massa de 100 grãos (Anexo 1).

A menor população de plantas influenciou positiva e significativamente a expressão do número de vagens nas plantas (Tabela 3). Observou-se que quando a densidade de plantas na fileira é menor há mais espaço para ser explorado por cada planta, havendo maior possibilidade de produzir mais vagens. Esses resultados coincidem com os de outros autores que trabalharam com feijão (51, 61, 97) e soja, neste caso com espaçamentos mais estreitos (67, 103).

Observa-se pela Tabela 4 que as diferenças estatisticamente significativas detectadas pelo teste de Tukey por efeito das diferentes doses de nitrogênio sobre o número médio de grãos por vagem e da massa média de 100 grãos não foram confirmadas pela análise de regressão praticada nos valores das médias obtidas.

Outros pesquisadores publicaram resultados em que foram observados incrementos limitados no número médio de grãos por vagem, quando foi aumentada a disponibilidade de nitrogênio para as plantas, resultados que diferem dos encontrados no presente trabalho (3, 12, 94). Outros resultados mostram, que não havendo escassez de água, a expressão do potencial de formação de vagens e grãos é significativamente modificada pelo efeito de populações e doses de nitrogênio (66), mas não pelos sistemas de semeadura (68) mostrando ser os componentes do rendimento mais fortemente influenciados pelas mudanças das condições dos fatores externos, como diminuição da área

TABELA 3 - Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT-Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Número médio de vagens por planta ¹	Número médio de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)
251	24,88	3,72	17,11
358	19,11	3,54	17,06
382	17,25	3,54	16,46
387	18,80	3,37	16,70
Quadrados Médios	179,612 [*]	0,329 ^{ns}	1,506 ^{ns}

Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

¹ Equação de regressão $\hat{y} = 37,677 - 0,0513 x^*$ Probabilidade = 0,02 $R^2 = 0,95$

foliar, sombreamento, falta de nutrientes (28, 53) e seus números se determinam durante os últimos estádios vegetativos e durante o florescimento (112). Por outro lado, os valores observados no tamanho de grãos expresso como massa média de 100 grãos são menores que os valores publicados pelos criadores da variedade (44).

TABELA 4 - Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT-Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Número médio de vagens por planta	Número médio de grãos por vagem	Massa 100 de grãos (g)
0	19,34	3,57	16,94
40	20,87	3,77	16,75
80	19,54	3,42	17,42
120	20,30	3,41	16,21
Quadrados Médios	8,042 ^{ns}	0,452 [*]	4,025 ^{**}

Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{**} Teste de F significativo a 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo

4.2.4 Parte aérea da planta

Os resumos das análises de variância para os dados de crescimento da parte aérea das plantas, expressos como massa seca da parte aérea e de folhas, assim como da área foliar são apresentados no Anexo 1. Verifica-se que a interação entre populações de plantas e doses de nitrogênio causou efeitos significativos, a 5% de probabilidade, nos valores de massa seca da parte aérea, das folhas e na área foliar. Os dados observados

são mostrados nas Tabelas 5, 6, 7, assim como as equações de regressão correspondentes.

As diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey para as médias de massa seca da parte aérea, mostradas na Tabela 5, não foram confirmadas pelas análises de regressão para cada população de plantas e doses de nitrogênio.

As análises de variância dos valores da massa seca de folhas mostraram interação das populações de plantas com as doses de nitrogênio, apesar de as análises de regressão para esses valores não terem mostrado significância (Tabela 6). Esses resultados podem ser creditados às variações nos tamanhos das plantas, como efeito da competição entre plantas, que mostraram valores inconsistentes em relação aos esperados como efeito dos tratamentos aplicados.

TABELA 5 - Massa seca (g) da parte aérea de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
251	31,05	30,37	32,92	36,42
358	25,67	26,50	37,70	22,75
382	17,77	34,02	24,12	33,00
387	25,55	28,35	30,00	24,82

Quadrado médio (Populações Colhidas x Doses de Nitrogênio) = 116,535

Equação de regressão População 358 mil $\hat{y} = 23,844 + 0,3019x^{ns} - 0,00246x^2^{ns}$

Equação de regressão População 382 mil $\hat{y} = 19,434 + 0,3101x^{ns} - 0,00175x^2^{ns}$

Equação de regressão Nitrogênio 80 kg.ha⁻¹ $\hat{y} = 19,434 + 0,3101x^{ns} - 0,00175x^2^{ns}$

Equação de regressão Nitrogênio 120 kg.ha⁻¹ $\hat{y} = 52,119 - 0,066x^{ns}$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

As determinações da área foliar (Tabela 7) mostraram interação significativa de populações de plantas e doses de nitrogênio, aparentemente com maior efeito das duas maiores doses de nitrogênio em todas as populações de plantas. Porém, pelos resultados das análises de regressão, não foi possível confirmar as diferenças significativas mostradas pelo teste de Tukey. Considerando que as três variáveis são componentes do mesmo aparato fotossintético, efetivamente, essas respostas eram esperadas, coincidindo esses resultados com os de outro trabalho publicado (32).

4.2.4 Índice de colheita aparente

Os resumos dos resultados da análise da variância do índice de colheita aparente

TABELA 6 - Massa seca (g) de folhas de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹) ¹			
	0	40	80	120
251	15,05 ¹	14,57	16,97 AB	19,92
358	14,52ab	13,67ab	20,12a A	12,12 b
382	9,42 b	16,25ab	12,45ab B	18,60a
387	13,30	14,95	16,12 AB	13,62

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal ou maiúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quadrado médio (Populações Colhidas x Doses de Nitrogênio) = 36,130*

Equação de regressão População 358 mil $\hat{y} = 13,432 + 0,1321x^{ns} - 0,00111x^2^{ns}$

Equação de regressão População 382 mil $\hat{y} = 10,619 + 0,0593x^{ns}$

Equação de regressão Nitrogênio 80 kg.ha⁻¹ $\hat{y} = 21,044 - 0,0134x^{ns}$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

das plantas de feijoeiro, em sistema de semeadura convencional com 0,35 m de espaçamento entre as fileiras, são mostrados no Anexo 1 e revelam que ambos os tratamentos, populações de plantas e doses de nitrogênio causaram diferenças estatisticamente significativas entre as médias observadas pela comparação pelo teste de Tukey, que são apresentadas nas Tabelas 8 e 9.

TABELA 7 - Área foliar (cm²) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹) ¹			
	0	40	80	120
251	1.902	1.840	2.143 AB	2.486 A
358	1.839ab	1.711a	2.547a A	1.534 b B
382	1.192 b	2.055ab	1.574ab B	2.350a AB
387	1.681	1.893	1.945 AB	1.725 B

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal ou maiúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quadrado médio (Populações colhidas x Doses de Nitrogênio) = 572520,944*

Equação de regressão População 358 mil $\hat{y} = 1698,36 + 16,396x^{ns} - 0,1382x^2^{ns}$

Equação de regressão População 382 mil $\hat{y} = 1343,8 + 7,4825x^{ns}$

Equação de regressão Nitrogênio 80 kg.ha⁻¹ $\hat{y} = 2741,94 - 2,002x^{ns}$

Equação de regressão Nitrogênio 120 kg.ha⁻¹ $\hat{y} = 3451,32 - 4,144x^{ns}$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

** Teste de F significativo a 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Os valores observados para as diferentes populações de plantas não foram significativamente diferentes quando submetidos à análise de regressão (Tabela 8). Quando os valores das médias do índice de colheita aparente resultantes das aplicações de doses de nitrogênio (Tabela 9) foram analisados pela regressão, houve diferenças significativas entre as médias observadas. Sendo o índice de colheita uma relação entre a massa de grãos e a massa total produzida na parte aérea da planta, alguns autores (52) descrevem que havendo aumento linear da quantidade de massa seca da parte aérea em distâncias entre fileiras menores, esse aumento, não necessariamente se transforma em rendimentos mais elevados, permanecendo os valores de índice de colheita estáveis.

TABELA 8 - Índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamentos entre fileiras, em quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

	Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Índice de Colheita Aparente (%)
	251	54
	358	53
	382	49
	387	53
Quadrado Médio	0,007*	
Equação de Regressão	$\hat{y} = 0,59 - 0,0002x^{ns}$	

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

TABELA 9 - Índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamentos entre fileiras, em quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Índice de Colheita Aparente (%)
	0	54a
	40	54ab
	80	52ab
	120	50 b
Quadrado médio (Nitrogênio)	0,007*	
Equação de Regressão	$\hat{y} = 0,546 - 0,0035x^*$	

* Médias seguidas da mesma letra minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não Significativo

4.3 EXPERIMENTO 2: SEMEADURA CONVENCIONAL COM 0,50 m ENTRE FILEIRAS

4.3.1 População e desenvolvimento das plantas

As plântulas de feijoeiro neste experimento, semeadura convencional com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, emergiram cinco dias após a semeadura. Os estádios do ciclo vegetativo duraram 40 dias e, os do ciclo reprodutivo, 44 dias, totalizando 84 dias desde a emergência até a maturação fisiológica. A antecipação da maturação dos grãos neste experimento, pode ter sido uma resposta à competição entre as plantas, devido à maior número delas nas fileiras, causando maior grau de auto-sombreamento (100), assim como a cobertura dos espaços entre fileiras em 45 DAE.

Os resultados das contagens para as determinações das populações iniciais de plantas e as plantas colhidas no final do experimento são apresentados na Tabela 10. São, também apresentados, na mesma Tabela, os valores absolutos e percentagens de reduções das populações iniciais e valores percentuais de plantas colhidas em relação à população desejada.

TABELA 10 – Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura do feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Desejadas	Populações de plantas (plantas.ha ⁻¹)				
	Inicial	Colhidas	Redução	Redução (%)	Colhida (%)
285.000	295.000	170.000	125.000	42	60
427.000	377.000	247.000	130.000	34	58
570.000	482.000	287.000	195.000	40	50
712.000	522.000	307.000	215.000	41	43

Esses dados mostram que, em valores absolutos, as reduções no número inicial de plantas em relação às desejadas foram aumentando na medida em que a quantidade de sementes colocadas a germinar superava 500 mil sementes por hectare, mostrando forte correlação entre os dois valores de populações, quanto maior a população inicial, maior redução no número de plantas ($r = 0,95$), colhendo-se entre 43 e 60% das populações desejadas, reduções possivelmente aumentadas como resultado da competição entre as plantas na fileira.

4.3.2 Resultados do experimento

Os resultados do experimento em sistema de semeadura convencional, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio foram submetidos a análises de variância e seus resumos estão no Anexo 2. Nela pode-se verificar que houve diferenças significativas, a 5% de probabilidade, para as médias de área foliar, número médio de grãos por vagem e índice de colheita aparente e, a 1% de probabilidade, para as massa seca da parte aérea e de folhas e para o número médio de vagens por planta.

4.3.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento

Os resultados do rendimento de grãos, em semeadura convencional com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, para as quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio e suas interações, submetidos a análise de variância não mostraram diferenças estatisticamente significativas (Anexo 2). Os valores absolutos de rendimentos mostrados na Tabela 11, apresentam aparente desproporcionalidade na resposta do feijoeiro à aplicação de adubo nitrogenado, embora a média geral do experimento corresponda a 2,92 vezes o rendimento médio nacional (72).

TABELA 11 - Rendimento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações de plantas		Doses de nitrogênio ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)				Média
(1000 plantas. ha^{-1})		0	40	80	120	
Desejadas	Colhidas	Rendimento de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)				
285	170	1.744	1.968	1.750	1.820	1.820
427	247	1.898	1.736	2.048	2.135	1.954
570	287	2.100	1.918	1.765	2.007	1.947
712	307	1.870	1.859	1.850	1.850	1.857
Média	-	1.903	1.870	1.853	1.953	1.895

O resumo das análises de variância dos componentes do rendimento são apresentados no Anexo 2 e os valores observados, assim como as diferenças significativas de comparação de médias, nas Tabelas 12 e 13. Entre as variáveis estudadas houve diferenças significativas, a 5%

de probabilidade, para o número médio de grãos por vagem e, a 1% de probabilidade, para o número médio de vagens por planta.

A expressão do número médio de vagens por planta (Tabela 12) foi influenciada somente pelas populações de plantas (Anexo 2), sendo mais elevado o potencial de produção deste componente, quando a densidade de plantas nas fileiras era menor. Tendo cada indivíduo a possibilidade de ocupar maior espaço próprio, com menor competição entre plantas, poderá produzir mais vagens por planta, concordando com outros trabalhos citados na literatura para a cultura do feijoeiro (51, 61, 97), e para a cultura da soja (67, 103). Não havendo escassez de água durante os estádios finais do ciclo vegetativo e durante o florescimento (112), a produção de vagens por planta não será influenciada pelas mudanças das condições do ambiente, exceto pelo sombreamento e nível de disponibilidade de nutrientes no solo (28, 53), independentemente do sistema de semeadura (68).

TABELA 12 - Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Número médio de vagens por planta ¹	Número médio de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)
170	34,10a	3,86	19,86
247	28,92ab	4,12	19,86
287	27,31 bc	3,95	19,97
307	22,81 c	4,05	19,97
Quadrados Médios	347,253**	0,225 ^{ns}	0,068 ^{ns}

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

** Teste de F significativo a 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Equação de regressão $\hat{y} = 47,02 - 0,074x^*$ Probabilidade = 0,04 $R^2 = 0,92$

Sobre o número médio de grãos por vagem (Tabela 13) a interação entre as populações de plantas com as doses de nitrogênio fizeram que as médias sejam significativamente diferentes comparados pelo teste de Tukey, não sendo confirmadas pelas análises de regressão para esses valores. Quando as plantas não sofrem estresse pela falta de algum fator externo, o número de grãos por vagem pode não sofrer variação (68). Ao contrario dos resultados deste experimento, outros pesquisadores encontraram pequenos aumentos do número de grãos por vagem quando a disponibilidade de nitrogênio aumenta (2, 6, 85). Por outro lado, parece que número de vagens por planta e número de grãos por vagem influenciaram diretamente no rendimento final de grãos.

TABELA 13 - Número médio de grãos por vagem em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
170	4,04	4,23	4,05	3,09
247	4,12	3,89	4,65	3,82
287	4,16	3,83	3,77	4,03
307	4,45	3,99	4,07	3,70

Quadrado médio (Populações Colhidas x Doses de Nitrogênio) = 0,410*

Equação de regressão População 170 mil $\hat{y} = 4,02 + 0,014x^{ns} - 0,00018x^2^{ns}$

Equação de regressão População 247 mil $\hat{y} = 3,991 + 0,0109x^{ns} - 0,000093x^2^{ns}$

Equação de regressão Nitrogênio 80 kg.ha⁻¹ $\hat{y} = 4,40 - 0,00108x^{ns}$

Equação de regressão Nitrogênio 120 kg.ha⁻¹ $\hat{y} = 2,255 + 0,0055x^{ns}$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

4.3.4 Parte aérea da planta

Os resumos das análises de variância para os dados correspondentes à parte aérea das plantas; expressos como massa seca da parte aérea e de folhas e área foliar são apresentados no Anexo 2, na qual se pode-se observar que houveram diferenças significativas a 5% de probabilidade para área foliar e a 1% de probabilidade para a massa seca da parte aérea e de folhas. Seus valores encontram-se nas Tabelas 14, 15 e 16, assim como as equações de regressão correspondentes.

Os resultados das avaliações da massa seca da parte aérea das plantas, mostrou efeito significativo das populações de plantas (Tabela 14), observando-se que na população com menor densidade de plantas, o maior espaço individual para cada planta permitiu que a massa seca acumulada pelas plantas fossem significativamente maiores, atingindo um rendimento final em esta população de plantas igual aos de outras populações maiores.

As análises de regressão praticadas nas médias da massa seca de folhas confirmaram interação somente entre a população de 307 mil plantas por hectare e 40 kilogramas de nitrogênio por hectare, em que a uma mesma dose de nitrogênio à medida que aumenta a população de plantas o tamanho da área foliar diminui, como um efeito de competição entre plantas (Tabela 15). Resultados semelhantes aos apresentados, se encontra na literatura, indicando que mesmo havendo diferenças na produção de tamanho de folhas, nem todo esse aumento se traduz em rendimentos maiores (32, 85), como neste experimento, rendimentos sem diferenças significativas.

TABELA 14 – Massa seca (g) da parte aérea de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Massa seca parte aérea (g) ¹
170	76,89a
247	55,10 b
287	48,94 b
307	46,56 b
Quadrado médio	3056,818**

Equação de Regressão $\hat{y} = 113,813 - 0,225x^*$ Probabilidade = 0,01 $R^2 = 0,97$

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

** Teste de F significativo a 1% de probabilidade

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

TABELA 15 - Massa seca de folhas (g) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹) ¹			
	0	40	80	120
170	29,05	37,92a	40,62	24,25
247	20,70	23,82 b	20,17	25,70
287	21,92	16,67 b	24,67	15,97
307	13,82	18,32 b	21,90	23,17

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Quadrado médio (Populações Colhidas x Doses de Nitrogênio) = 102,3565**

Equação de regressão População 307 mil $\hat{y} = 14,558 + 0,079x^*$ Probabilidade = 0,02 $R^2 = 0,95$

Equação de regressão Nitrogênio 40 kg.ha⁻¹ .. $\hat{y} = 63,486 - 0,155x^*$ Probabilidade = 0,02 $R^2 = 0,95$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

** Teste de F significativo a 1% de probabilidade

Os valores das medições das áreas foliar obtidas no experimento são mostrados na Tabela 16, e submetidas a análise de regressão para determinar a interação significativa entre as médias, demonstra que entre 307 mil plantas e 40 kilogramas de nitrogênio foram os valores significativos, quanto menor a população de plantas, maior o tamanho das áreas das folhas, devido às plantas ocuparem mais livremente os espaços individuais. Observando as Tabelas 14, 15 e 16, vê-se que o efeito da menor população de plantas mostrou o mesmo comportamento sobre a expressão do crescimento das plantas, valores mais elevados nas três variáveis, massa seca da parte aérea, de folhas e área foliar, logicamente, pois são componentes de um mesmo fator expressado como tamanho da planta num estágio determinando de crescimento.

TABELA 16 - Área foliar (cm²) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹) ¹			
	0	40	80	120
170	3.623	4.725a	5.055	3.019
247	2.579	2.965 b	2.505	3.201
287	2.729	2.079 b	2.952	1.989
307	1.719	2.285 b	2.712	2.882

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quadrado médio (Populações Colhidas x Doses de Nitrogênio) = 1567927,848*

Equação de regressão População 307 mil $\hat{y} = 1812,1 + 9,79x^*$ Probabilidade = 0,02 $R^2 = 0,95$

Equação de regressão Nitrogênio 40 kg.ha⁻¹ ... $\hat{y} = 7906,244 - 19,358x^*$ Probabilidade = 0,02 $R^2 = 0,95$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

4.3.5 Índice de colheita aparente

O resumo do resultado da análise da variância do índice de colheita aparente das plantas de feijoeiro, no experimento em semeadura convencional com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio é apresentado no Anexo 2, mostrando diferença estatisticamente significativa a 5% de probabilidade. Os valores encontrados são apresentados na Tabela 17. Nessa, pode-se observar que o nitrogênio proporcionado pelo solo e a adição de até 40 kg.h⁻¹ de nitrogênio, foi suficiente para influir sobre esta variável, apresentando os valores mais elevados, e diminui na medida que aumenta a aplicação do adubo, coincidindo com dados da literatura (93), sendo valores inconsistentes se comparados com a produtividade economicamente importante (52).

TABELA 17 - Índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Índice de colheita aparente
0	0,61a
40	0,58ab
80	0,56 b
120	0,55 b
Quadrado médio	0,010*

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Equação de regressão Nitrogênio $\hat{y} = 0,605 - 0,0005x^*$ Probabilidade = 0,02 $R^2 = 0,95$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade..

4.4 EXPERIMENTO 3: SEMEADURA DIRETA COM 0,35 m ENTRE FILEIRAS

4.4.1 População e desenvolvimento das plantas

As plântulas de feijoeiro neste experimento, semeadura direta com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, emergiram cinco dias após a semeadura. Os estádios do ciclo vegetativo duraram 37 dias e, os do ciclo reprodutivo, 45 dias, num total de 82 dias desde emergência até maturação fisiológica.

Os resultados da contagem para as determinações das populações iniciais e as plantas colhidas no final do experimento são apresentados na Tabela 18. Também são apresentados, nessa Tabela, valores absolutos e percentagens de reduções das populações iniciais e valores percentuais de plantas colhidas em relação à população desejada. O número de plantas possíveis de se ter no início de desenvolvimento das plântulas foi, em média, entre 10 e 25% menor das populações desejadas, ocorrendo maiores reduções quando a quantidade de sementes colocadas a germinar era mais que 400 mil sementes por hectare. A exceção correspondeu à população desejada de 285 mil plantas, em que o número inicial de plantas superou esse limite em 2,8%.

As populações de plantas que atingiram o ponto de colheita, representaram valores percentuais de 77 a 84% das plantas iniciais, ocorrendo maiores perdas de plantas na medida em que as populações iniciais eram maiores, mostrando elevado índice de correlação na diminuição das populações iniciais e finais ($r = 0,97$). Feijoeiros de hábito de crescimento indeterminado em densidades maiores podem apresentar maior nível de autosombreamento, que produz maior competição por espaço e outros fatores do ambiente o qual pode reduzir o número final de plantas (50, 104).

TABELA 18 – Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura do feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações de plantas (plantas.ha ⁻¹)					
Desejadas	Inicial	Colhidas	Redução	Redução (%)	Colhida (%)
285.000	293.000	247.000	46.000	15	87
427.000	386.000	297.000	89.000	23	67
570.000	487.000	386.000	101.000	21	68
712.000	539.000	413.000	126.000	23	58

Estes valores de plantas colhidas, permitem interpretar que as diferentes populações de plantas se estabilizam entre, aproximadamente, 250 e 400 mil plantas por hectare, a semelhança com resultados obtidos por Vieira et al (104).

Os espaços entre as fileiras de plantas, foram cobertos pelas partes aéreas das plantas de todas as populações, entre os 42 e 45 DAE. As plantas nesta condição de espaçamento, individualmente tem mais espaço para explorar, permitindo o crescimento em todas as direções com a mesma rapidez, até atingir o fechamento dos espaços vazios.

4.4.2 Resultados do experimento

Os resultados do experimento em semeadura direta com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio foram submetidos a análises de variância e seus resultados estão no Anexo 3. Nela verifica-se que houve diferenças significativas, a 5% de probabilidade, para a massa seca da parte aérea, área foliar e número médio de vagens por planta e, a 1% de probabilidade, para a massa seca de folhas.

4.4.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento

Os resumos das análises de variância dos dados de rendimento de grãos e dos componentes do rendimento são apresentados no Anexo 3 e os valores observados, entre um mínimo de 1.425 kg.ha⁻¹ até o máximo de 1.854 kg.ha⁻¹, na Tabela 19. Nenhum dos tratamentos aplicados nem suas interações produziram diferenças estatisticamente significativas entre as médias de rendimento, no entanto, a média geral do experimento foi 2,52 vezes a média nacional.

Na Tabela citada, vê-se a grande dispersão dos valores do rendimento, seja pelo efeito das populações ou das doses de nitrogênio, o que mostra que o feijoeiro reage com elevada plasticidade às diferentes populações de plantas depois de sofrer reduções até limites que sejam aceitáveis à espécie, como se encontra em outras publicações (37, 49, 50, 54), num ambiente onde a disponibilidade de nitrogênio pode não representar limitação ao desenvolvimento das plantas, seja isto, pelo aumento no número de vagens por planta, de sementes por vagem, da massa de grãos ou por possuírem maior número ou pontos de frutificação, apesar dos valores obtidos neste experimento, serem menores que rendimentos obtidos em semeadura direta, na região dos Campos Gerais no Paraná (53, 78, 89).

Dos componentes do rendimento neste experimento de semeadura direta e 0,35 m

TABELA 19 - Rendimento (kg.ha^{-1}), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações de plantas (1000 plantas.ha ⁻¹)		Doses de nitrogênio (kg.ha^{-1})				Média
Desejadas	Colhidas	0	40	80	120	
		Rendimento de grãos (kg.ha^{-1})				
285	247	1.543	1.620	1.616	1.605	1.596
427	297	1.647	1.609	1.584	1.854	1.673
570	386	1.425	1.718	1.837	1.594	1.643
712	413	1.444	1.796	1.754	1.642	1.659
Média	-	1.515	1.686	1.697	1.674	1.643

de espaçamento entre fileiras, somente as médias de número de vagens por planta foram estatística e significativamente modificadas por efeito das populações de plantas e pelas doses de nitrogênio, como mostra o resumo das análise de variância apresentado no Anexo 3 e os valores mostrados na Tabela 20. A densidade de plantas na fileira pode ter sido de grande influência no aumento do número médio de vagens por planta nas populações menores, já que a menor competição pelos mesmos fatores permite a cada indivíduo expressar melhor suas características, neste caso o espaço ocupado por cada planta. Estes resultados concordam com outro encontrado na literatura (10, 24), em que para variedades de hábito determinado e indeterminado o número de vagens por planta diminui com o aumento da população de plantas, embora estes experimentos foram em sistema de semeadura convencional.

Em outro experimento realizado no Paraná, no mesma localização e época do experimento descrito, em sistema convencional (54), com plantas de hábito de crescimento determinado e indeterminado, não foi observado diferenças no número de vagens por planta por efeito de populações de plantas.

Em relação ao efeito das doses do nitrogênio sobre a produção de vagens por planta, as comparações das médias resultaram significativamente diferentes pelo teste de Tukey, mas quando analisadas pela regressão, não foi possível identificar significancia entre as médias. Em semeadura direta na Região dos Campos Gerais no Paraná e em outras regiões, com aplicações de nitrogênio em dose fixa ou crescente, até 100 kg.ha^{-1} , o número de vagens por planta aumentou com a disponibilidade do nutriente (53, 78, 97), assim como quando em condições de falta de umidade, em semeadura direta, houve maior produção de vagens por planta, inclusive com aplicação de nitrogênio (93). Em outros resultados por sua vez, não se

TABELA 20 - Números médios de vagens por planta, de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Número médio de vagens por planta ¹	Número médio de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)
247	19,26a	4,07	22,12
297	18,44ab	4,05	21,84
386	15,67 b	3,91	21,75
413	15,56 b	4,00	22,22
Quadrados Médios	57,534*	0,079^{ns}	0,804^{ns}

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Equação de regressão $\hat{y} = 25,395 - 0,024x^*$ Probabilidade = 0,01 $R^2 = 0,98$

identificaram nenhum efeito de doses de nitrogênio, quer seja em semeadura direta ou no sistema convencional (96, 115), como neste experimento.

TABELA 21 - Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Número médio de vagens por planta ¹	Número médio de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)
0	15,75	4,13	22,00
40	15,69	4,00	21,97
80	19,56	3,65	22,03
120	17,93	4,25	21,92
Quadrados Médios	56,057*	1,049^{ns}	0,034^{ns}

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

¹ Equação de regressão : $\hat{y} = 15,88 - 0,029x^{ns} + 0,00038x^{2ns}$ Probabilidade = 0,28 $R^2 = 0,91$

4.4.4 Parte aérea da planta

Os resultados das análises da variância para os dados de crescimento da planta, expressos como massa seca da parte aérea, massa seca de folhas e área foliar são apresentados no Anexo 3. No mesmo, verifica-se que as diferenças significativas a 5% sobre as médias de massa seca da parte aérea e área foliar e, a 1% de probabilidade sobre as médias de massa seca de folhas, foram causadas pelo efeito das populações de plantas. Os valores dos dados observados são mostrados nas Tabelas 22, 23 e 24.

Na medida que a população de plantas aumenta, a quantidade de assimilados acumulados como massa seca, da parte aérea como de folhas e como área foliar das plantas medidas quando o estágio de desenvolvimento R_6 (florescimento pleno), diminui linearmente com o aumento da população.

Se comparado ao rendimento de grãos, nem todo aumento na massa de assimilados se traduz em rendimentos maiores (93), pois dependendo de outros fatores externos, nível de radiação por exemplo, as folhas procuram aumentar a produção de fotoassimilados. Portanto, o tamanho dos grãos pode ser prejudicado (31) pela redistribuição dos fotoassimilados e pela força exercida pela demanda foliar. Isto pode sugerir que em plantas sem restrição de nitrogênio, há outros fatores genéticos e fisiológicos, que impedem que um maior número de órgãos reprodutivos seja formado e se manifeste em maior número de vagens e, em consequência, em rendimento mais elevado (7)

TABELA 22 - Massa seca (g) da parte aérea de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

	Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Massa seca da parte aérea (g)
	247	57,69a
	297	54,92ab
	386	49,45 b
	413	50,68 b
Quadrado Médio	231,818*	
Equação de Regressão $\hat{y} = 69,122 - 0,00475x^*$ Probabilidade = 0,04 $R^2 = 0,92$		
† Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade		
* Teste de F significativo a 5% de probabilidade		

TABELA 23 – Massa seca de folhas (g) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

	Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Massa seca de folhas (g)
	247	28,23a
	297	26,45ab
	386	24,23 b
	413	23,97 b
Quadrado Médio	64,563**	
Equação da Regressão $\hat{y} = 34,383 - 0,02x^{**}$ Probabilidade = 0,009 $R^2 = 0,98$		
† Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade		
* Teste de F significativo a 1% de probabilidade		

TABELA 24 - Área foliar (cm²) de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99¹

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Área foliar (cm ²)
247	3.462a
297	3.259ab
386	2.965 b
413	2.933 b
Quadrado Médio	1016581,454*
Equação de Regressão	$\hat{y} = 4243,9 - 3,244x^{**}$ Probabilidade = 0,0006 R ² = 0,99

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

* Teste de F significativo a 1% de probabilidade

4.4.5 Índice de colheita aparente

O resumo da análise da variância das médias do índice de colheita aparente é apresentado no Anexo 3. Quaisquer dos tratamentos aplicados não produziram diferenças significativas detectáveis pelas análises estatísticas, sendo valores que variaram entre 0,62 e 0,65, que podem ser considerados como inconsistentes, se comparados à produtividade de grãos, que é o economicamente importante.

4.5 EXPERIMENTO 4: SEMEADURA DIRETA COM 0,50 m ENTRE FILEIRAS

4.5.1 População e desenvolvimento das plantas

As plantas de feijoeiro neste experimento, semeadura direta com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, emergiram cinco dias após a semeadura. Os estádios do ciclo vegetativo duraram 35 dias e, os do ciclo reprodutivo, 47 dias, um total de 82 dias desde emergência até a maturação fisiológica.

Os resultados das contagens para as determinações das populações iniciais de plantas e as plantas colhidas no final do experimento são apresentados na Tabela 25. São, também apresentados, os valores absolutos e percentagens de reduções das populações iniciais e valores percentuais de plantas colhidas em relação à população desejada.

Neste experimento, as populações de plantas no início do ciclo de desenvolvimento, foram em média, entre 43 e 49% menores das populações desejadas, reduzidos finalmente, no momento da colheita, a populações que representaram valores entre 31 e 46% das que eram desejadas, contabilizando-se neste experimento, as maiores reduções no número de

TABELA 25 – Populações de plantas desejadas, inicial, colhidas, redução da população, percentagem de redução da população inicial e percentagem de plantas colhidas em relação à população desejada na cultura do feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Desejadas	Populações de plantas (plantas.ha ⁻¹)				
	Inicial	Colhidas	Redução	Redução (%)	Colhida (%)
285.000	230.000	130.000	100.000	43	45
427.000	304.000	155.000	149.000	49	36
570.000	382.000	208.000	174.000	45	36
712.000	404.000	223.000	181.000	45	31

plantas que chegaram ao ponto de colheita.

O comportamento das plantas em relação às densidades mais elevadas, com o espaçamento mais aberto entre as fileiras, se traduz em maior intracompetição pelos mesmos fatores, produz maior nível de autosombreamento, menos espaços e quantidade de luz para cada indivíduo, reduzindo o número de plantas produtoras de grãos (50), caracterizando um comportamento de acomodação e plasticidade na resposta de cada planta às condições impostas pelo ambiente.

Os espaços entre as fileiras de plantas, nos tratamentos com as duas maiores populações de plantas, foram cobertos aos 57 DAE, no entanto, nas duas populações menores, o desenvolvimento das plantas não foram suficientes para cubri-los, concomitantemente, foram constatadas maior grau de reinfestação por plantas invasoras (poaceas e ciperaceas especialmente), emergidas da cobertura vegetal existente antes da instalação do experimento, mesmo tendo sido aplicado herbicida para o controle das plantas invasoras, contribuindo para a diminuição das populações de plantas de feijão. Isto pode ter ocorrido em razão da semeadura ter sido realizada em área recentemente habilitada para o sistema de semeadura direta, antes cultivada com milho, ocorrendo provavelmente maior retenção de nutrientes no solo e nos restos vegetais (116), retardando o crescimento das plantas.

4.5.2 Resultados do experimento

Os resultados do experimento quatro, em sistema de semeadura direta com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio foram submetidos a análises de variância e seus resumos estão no Anexo 4. No mesmo,

verifica-se que houve diferenças significativas, a 5% de probabilidade, para as médias de vagens por planta, grãos por vagem e rendimento de grãos e, a 1% de probabilidade, para as médias de massa seca da parte aérea e de folhas e para área foliar.

4.5.3 Rendimento de grãos e Componentes do rendimento

Os resultados das análises estatísticas do rendimento de grãos no experimento em semeadura direta, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, estão no Anexo 4 e o valores obtidos, são mostrados na Tabela 26. A média geral do experimento foi de 1.670 kg.ha⁻¹, com valores extremos variando de 1.282 a 2.044 kg.ha⁻¹ (Tabela 26).

A diferença estatisticamente significativa revelada na comparação das médias dos rendimentos por efeito das doses de nitrogênio, mostrada na Tabela 26, foi a única situação onde houve significância entre médias de rendimentos de grãos. No tratamento sem aplicação de nitrogênio, se obteve o menor rendimento médio de grãos, o qual caracteriza competição entre plantas pela utilização do nutriente, apesar do solo possuir um elevado teor de matéria orgânica (Quadro 1). Pode ter ocorrido um seqüestro de nitrogênio e outros nutrientes pela resteva do solo, impedindo o crescimento das plantas de feijão, contribuindo de essa maneira para que a população de plantas na colheita tenha sido a menor de todos os experimentos, o qual pode ter sido a causa de o rendimento médio de grãos diminua.

Os resumos das análises de variância dos componentes do rendimento são mostrados no Anexo 4, e o valores observados, assim como as diferenças significativas de comparação de médias, nas Tabelas 27 e 28.

TABELA 26 - Rendimento (kg.ha⁻¹), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações de plantas (1000 plantas.ha ⁻¹)		Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)				Média
Desejadas	Colhidas	0	40	80	120	
		Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)				
285	130	1.287	1.750	1.569	1.716	1.580
427	155	1.282	1.767	1.791	1.686	1.631
570	208	1.284	1.918	1.495	1.848	1.636
712	223	1.505	1.820	2.044	1.967	1.834
Média	-	1.339 b	1.814a	1.725a	1.804a	1.670

O menor número de plantas por hectare (130 mil e 155 mil), onde foram colhidas entre 45% e 36% menos do número de plantas desejadas (Tabela 25), influenciou positivamente na expressão do número médio de vagens por planta, certamente pela menor competição entre as plantas pelo espaço (Tabela 27). Na mesma Tabela, pode ser observado que nenhuma das populações de plantas causou efeito sobre o número médio de grãos por vagem, nem na massa de 100 grãos.

TABELA 27 - Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Número médio de vagens por planta ¹ *	Número médio de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)
130	24,20a	4,17	20,76
155	20,50ab	3,97	20,35
208	17,44 b	3,96	20,22
223	17,48 b	3,75	20,45
Quadrados Médios	164,346*	0,457 ^{ns}	0,457 ^{ns}

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

* Equação de regressão $\hat{y} = 32,439 - 0,07002x^*$ Probabilidade = 0,04 $R^2 = 0,92$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

O aumento da disponibilidade de nitrogênio não causou nenhuma diferença estatisticamente significativa nas médias do número de vagens por planta pela análise de regressão, embora o valor F da análise da variância tenha detectado significância, na medida em que aumentava o nitrogênio disponível (Tabela 28). Talvez o feijoeiro possua algum impedimento de ordem fisiológico para uma eficiente ou maior utilização do nutriente nitrogenado aplicado como adubação, ou porque o solo, teve condições de fornecer a quantidade de nitrogênio demandada pelas plantas de feijão.

Em semeadura direta, na Região dos Campos Gerais no Paraná e em outras regiões, com aplicações de nitrogênio em dose fixa ou em forma crescente até 100 kg.ha⁻¹, o número de vagens por planta aumentou assim como a disponibilidade do nitrogênio (53, 78, 97). No mesmo sistema de semeadura, em condições de falta de umidade, foi observada maior produção de vagens por planta, inclusive com aplicação de nitrogênio (93). Em compensação, outros resultados não mostraram nenhum efeito do nitrogênio, quer seja em semeadura direta ou no sistema convencional (21, 86, 115), igual ao resultado deste experimento.

Outro resultado experimental citado na literatura, mostra que quando o número de vagens por planta aumenta, o rendimento de grãos também aumenta (26), sendo que neste

experimento não pode ser validado esse resultado, pois não houve significância entre médias de número de vagens por planta, nem de rendimento.

Na quantificação do número médio de grãos por vagem, embora as médias fossem significativamente diferentes pelo teste de Tukey (Tabela 28), não pode ser confirmada pela análise da regressão praticada nos valores médios obtidos. Observando os valores da Tabela 28, independente à falta de significância, mostram uma falta de proporcionalidade às doses de nitrogênio aplicados no solo, diminuindo na medida que aumenta a disponibilidade do nutriente, indicando que algum outro fator ou fatores causaram esses resultados, mesmo sendo este o componente mais estável aos efeitos dos fatores externos (66), assim como também a diminuição do número de plantas pode ter contribuído para essa desproporcionalidade, refletindo no rendimento final, assim como resultados apresentados por outros autores (33, 51).

Não foi observado nenhum efeito estatisticamente significativo sobre a massa de cem grãos como resposta às população de plantas e às doses de nitrogênio.

TABELA 28 - Números médios de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g), em plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Número médio de vagens por planta ¹	Número médio de grãos por vagem ²	Massa de 100 grãos (g)
0	16,71	4,24	20,58
40	20,72	4,00	20,43
80	19,90	3,66	20,63
120	22,28	3,95	20,15
Quadrados Médios	88,196*	0,915*	0,761 ^{ns}

¹ Equação de regressão $\hat{y} = 17,519 + 0,04x^{ns}$ Probabilidade = 0,13 $R^2 = 0,76$

² Equação de regressão $\hat{y} = 4,14 - 0,00302x^{ns}$ Probabilidade = 0,34 $R^2 = 0,43$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

4.5.4 Parte aérea da planta

Os resultados resumidos das análises de variância do crescimento da planta expressos como massa seca da parte aérea, massa seca de folhas e área foliar são apresentados no Anexo 4. As variáveis massa seca da parte aérea e de folhas e área foliar apresentaram diferenças estatisticamente significativas a 1% de probabilidade entre suas médias. Os dados observados são mostrados nas Tabelas 29 e 30, assim como as equações de regressão correspondentes.

Na Tabela 29, observa-se que a análise de regressão efetuada nos dados da

massa seca da parte aérea não confirmou as diferenças significativas detectada pelo teste de Tukey.

Os valores das médias de massa seca da folhas submetidas a análise da regressão confirmou as diferenças significativas entre as médias detectadas pelo teste de Tukey, diminuindo na medida em que a população de plantas aumentava, denotando competição entre as plantas pelo espaço (Tabela 29).

As médias da área foliar das plantas em quatro diferentes populações de plantas diferiram significativamente pelo teste de Tukey, assim como pela análise de regressão (Tabela 29), pois na medida que a densidade de plantas aumenta, esta situação impõe uma competição pelo espaço, estresse que faz diminuir a área da parte fotossintetizante das plantas.

TABELA 29 – Massas seca (g) da parte aérea e de folhas e área foliar de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro populações de plantas, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Massa seca da parte aérea (g)	Massa seca de folhas (g) ¹	Área foliar (cm ²) ¹
130	73,07	33,37a	4.361a
155	62,65	30,74ab	3.763 b
208	52,83	25,72 c	3.142 c
223	56,83	26,69 bc	3.284 b
Quadrados Médios	1237,586**	203,713**	4847561,816**

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Equação de regressão MSPA $\hat{y} = 94,054 - 0,83x^{ns}$ Probabilidade = 0,09 $R^2 = 0,83$

Equação de regressão MSF $\hat{y} = 44,13 - 0,045x^*$ Probabilidade = 0,03 $R^2 = 0,93$

Equação de Regressão AF $\hat{y} = 5764,94 - 11,885x^*$ Probabilidade = 0,05 $R^2 = 0,89$

** Teste de F significativo a 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Pelas análises de regressão para o efeito das quatro doses de nitrogênio aplicados nas plantas de feijoeiro das variáveis massa seca da parte aérea e de folhas, assim como da área foliar, não foram confirmadas as diferenças significativas detectadas pelo teste de Tukey, mesmo que tenham sido a nível de 1% de probabilidade, como se vê na Tabela 30.

Considerando que as três variáveis são componentes de um mesmo aparato fotossintético, poderiam esperarse respostas semelhantes a um mesmo fator, neste caso doses de nitrogênio. Provavelmente, a disponibilidade de nitrogênio favoreceu o aumento do crescimento vegetativo, mais fortemente pelo efeito da população de plantas, propiciando um aumento no índice de acame das plantas, mas sem resposta definida às diferentes doses de nitrogênio, como encontrado na literatura (21, 39, 99).

TABELA 30 - Massas seca (g) da parte aérea e de folhas e área foliar de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Massa seca da parte aérea (g)	Massa seca de folhas (g)	Área foliar (cm ²)
0	52,69	24,78	3.027
40	65,06	31,05	3.811
80	64,84	31,61	3.929
120	62,78	29,06	3.783
Quadrados Médios	549,506**	153,415**	273458,191**
Equação de regressão MSPA	$\hat{y} = 53,275 - 0,0022x^{ns}$ Probabilidade = 0,20 $R^2 = 0,14$		
Equação de regressão MSF	$\hat{y} = 24,91 + 0,197x^{ns} - 0,0014x^{2ns}$ Probabilidade = 0,08 $R^2 = 0,99$		
Equação de Regressão AF	$\hat{y} = 3047,1 + 23,40 x^{ns} - 0,145x^{2ns}$ Probabilidade = 0,12 $R^2 = 0,98$		

** Teste de F significativo a 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Se relacionados rendimento com a massa da parte aérea da planta, pode-se entender que, nem sempre, a maior quantidade da massa de assimilados proporciona maiores rendimentos, pois dependendo dos níveis de radiação e do suprimento de nutrientes, especialmente nitrogênio (93), as folhas aumentarão a produção de assimilados. Portanto, o tamanho dos grãos pode ser prejudicado pela redistribuição dos assimilados e pela força exercida pela demanda foliar, sugerindo que em plantas sem restrição de nitrogênio, outros fatores genéticos e fisiológicos poderiam impedir que um maior número de órgãos reprodutivos seja formado e se manifeste em maior número de vagens, conseqüentemente, rendimento mais elevado (7, 31).

4.5.5 Índice de colheita aparente

Os resultados da análise de variância do índice de colheita aparente das plantas de feijoeiro, no experimento em semeadura direta com 0,50 m entre fileiras, são mostrados no Anexo 4. Nenhum dos tratamentos aplicados às plantas produziram diferenças significativas detectáveis pelas análises estatísticas, sendo valores muito próximos entre si, variando de 0,57 a 0,61.

4.6 ALTURA DA PLANTA NO MOMENTO DA COLHEITA

Nos Anexos 1, 2, 3 e 4 podem ser encontrados os resumos das análises de variância feitas para a altura da planta no momento da colheita. Os valores observados são

apresentados nas Tabelas 31, 32, 33 e 34. Nenhum dos tratamentos aplicados nas plantas, em qualquer experimento, propiciaram diferenças detectáveis pelas análises estatísticas entre as médias. No entanto, em semeadura direta com espaçamento de 0,35 m entre fileiras, foram observados os valores relativamente mais elevados entre as médias, seja pelo efeito das populações de plantas ou pelas doses de nitrogênio. No mesmo sistema de semeadura e com espaçamento menor entre fileiras, encontrou-se maior crescimento da planta (115).

O interesse por esta característica da planta no momento da colheita, fundamenta-se na possibilidade de ser realizada colheita mecanizada. O hábito de crescimento da variedade teste 'FT Bonito' é indeterminado e semiarbustivo. Segundo os resultados dos experimentos, as plantas em todos os tratamentos apresentaram acamamento. As características do solo quanto a disponibilidade de fertilidade natural ou mesmo o nitrogênio aplicado, a umidade do solo durante o ciclo da cultura, assim como as densidades de semeadura devem ter influenciado para que não seja possível confirmar a característica da variedade, não podendo ser identificada qualquer possibilidade de colheita mecanizada.

TABELA 31 - Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT-Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Espaçamento entre fileiras 0,35 m			
Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)
251	21,52	0	21,61
358	21,41	40	21,63
382	22,72	80	21,66
387	21,30	120	22,15

¹ Médias não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS

No sistema de semeadura direta, em ambos os espaçamentos entre fileiras (0,35 e 0,50 m), as populações de plantas iniciais, foram menores do que no sistema de semeadura convencional, resultado que coincide com outros citados na literatura (109), entre outras razões, pelo atraso no crescimento inicial, que pode contribuir para a diminuição do rendimento.

Em semeadura direta com 0,50 m entre fileiras, foram constatadas as mais drásticas reduções no número de plantas, que variaram entre 43% e 49%, como consequência

TABELA 32 - Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT-Bonito', em sistema de semeadura convencional, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Espaçamento 0,50 m			
Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)
170	24,23	0	24,98
247	24,42	40	25,02
287	25,78	80	25,21
307	25,48	120	24,71

da maior densidade de plantas nas fileiras, originando-se um maior grau de competição por espaço, luz e, basicamente pelo nitrogênio disponível, e no entanto não houve resposta às doses aplicadas.

O espaçamento mais aberto entre fileiras também permitiu a presença de maior número de plantas invasoras na cultura, mesmo havendo-se aplicado herbicida para seu controle, criando condições que propiciaram o crescimento mais acelerado dos entrenós dos caules, resultando em maior nível de acamamento das plantas. Concomitantemente, foi observado, que antes da aplicação das doses de nitrogênio, as plantas apresentavam leves sintomas de amarelecimento, que persistiram nas parcelas do tratamento sem adição de nitrogênio até o início do florescimento, provavelmente houve maior retenção de nutrientes pelos restos da cultura que cobriam a superfície do solo, pois recentemente foi condicionada para o sistema de semeadura direta.

No sistema de semeadura convencional, os espaços entre as fileiras de 0,35 m, foram cobertos pelas populações de plantas, entre os 41 e 44 DAE. Essa condição de espaço menor

TABELA 33 - Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT-Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Espaçamento 0,35 m			
Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)
247	31,85	0	31,11
297	31,30	40	31,73
386	32,47	80	31,80
413	32,31	120	32,28

TABELA 34 - Altura da planta (cm) no momento da colheita de plantas de feijoeiro, variedade 'FT-Bonito', em sistema de semeadura direta, com 0,50 m de espaçamento entre fileiras e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Espaçamento 0,50 m			
Populações colhidas (1000 plantas.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)	Doses de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	Altura da planta (cm)
130	19,28	0	19,62
155	19,90	40	19,38
208	19,71	80	19,58
223	16,46	120	19,76

entre fileiras e a rápida cobertura dos mesmos, criou um micro-ambiente mais úmido, que foi determinante para a presença de folhas e vagens com sintomas de manchas causadas por fungos, a pesar da aplicação de fungicida. Esta situação, constatada visualmente, prevaleceu neste experimento, resultando no momento da colheita, em maior quantidade de vagens manchadas por fungos ou pela umidade pelo contato com o solo; condições às quais podem-se atribuir a obtenção da média mais baixa de rendimento de todos os experimentos, embora a cobertura dos espaços interfileiras pelas plantas, tenha sido eficiente na supressão de plantas indesejáveis.

Com a distância entre fileiras de 0,50 m em semeadura convencional, esses espaços foram cobertos pelas plantas de feijão, aos 42 DAE nas populações maiores e, uma semana depois (48 DAE), pelas populações menores. A presença de doenças foliares e de vagens neste experimento, foi de menor intensidade que no de 0,35 m de espaçamento entre fileiras. Por outro lado, neste espaçamento entre as fileiras, permitiu que plantas não desejadas aparecessem com maior intensidade que no experimento com 0,35 m entre.

A competição imposta pelas maiores densidades de plantas nas fileiras neste experimento com 0,50 m entre fileiras, assim como a presença de plantas indesejáveis, podem ter sido a causa da redução do número de plantas colhidas, em torno de 40% das populações iniciais.

Na Tabela 35 pode ser observado os valores dos rendimentos médios de grãos por efeito das populações de plantas nos dois sistemas de semeadura e nos dois espaçamentos entre fileiras. Nessa Tabela se pode ver que no sistema de semeadura direta, em ambos os espaçamentos entre fileiras, os valores dos rendimentos de grãos são semelhantes, a exceção da média correspondente ao da população maior, 223 mil plantas por hectare com 0,50 m de espaço entre fileiras, que foi 10,5 % maior do que o correspondente a máxima

população com 0,35 m entre fileiras, constatado quando a população de plantas colhidas superou o limite de duzentas mil plantas por hectare. Assim também, no momento da colheita, as vagens das plantas em semeadura direta, apresentavam melhores condições de sanidade, por não estarem em contato direto com o solo e sim sobre a resteva sobre o solo.

Em semeadura convencional, para ambas as distâncias entre fileiras, na mesma Tabela 35, os valores médios dos rendimentos das plantas distanciadas a 0,50 m entre fileiras, produziram maiores quantidades de grãos do que no experimento com 0,35 m entre fileiras, sendo também esses valores os maiores dentre os quatro experimentos. Da análise destes resultados, pode interpretar-se que, o feijoeiro tem marcada plasticidade na expressão do rendimento de grãos como resposta a diversas populações de plantas. Assim, no sistema de semeadura convencional com 0,35 m entre fileiras, as populações de plantas variaram entre 251 mil e 387 mil plantas e a diferença entre as médias de rendimentos extremos foi de 54 kg e, com 0,50 m de espaço entre as fileiras, as populações eram entre 170 mil e 307 mil plantas, com diferença de 184 kg entre os valores extremos. Em semeadura direta com 0,35 m, as populações foram entre 247 mil e 413 mil plantas e somente 77 kg de diferença entre os rendimentos extremos, entanto que com 0,50 m entre fileiras a diferença entre as médias de rendimentos foi de 254 kg entre os extremos de populações de plantas, 130 mil e 223 mil plantas por hectare.

Se comparados estes resultados com outros publicados, por exemplo Fronza et al., (42), em Minas Gerais, Brasil, com duas variedades de hábito de crescimento indeterminado, porte ereto e perfil estreito, obtiveram resultados semelhantes aos destes experimentos em relação a espaçamentos entre fileiras, a maior distância, as populações de plantas diminuíram e, inversamente aos dados obtidos nestes experimentos, com espaçamentos menores a 0,50 m entre fileiras os rendimentos de grãos foram superiores.

Outro resultado (104), mostra que; independente de espaçamento entre fileiras e densidade de plantas; de populações elevadas de plantas de feijão no início do desenvolvimento das plantas, sempre se colheram um número menor de plantas que as populações inicialmente contabilizadas, diminuindo proporcionalmente essas populações iniciais até limites em que se estabilizam. Essas populações de plantas finais limites, no entanto, não exerceram nenhum efeito significativo sobre os rendimentos de grãos, a semelhança com os resultados apresentados nestes experimentos (Tabela 35).

Para as condições destes experimentos, as populações de plantas nos quais os valores médios dos rendimentos foram mais elevados, variaram entre 240 mil e 300 mil plantas por hectare, em especial no sistema de semeadura convencional.

Diversos resultados publicados mostram que o rendimento de grãos varia ou se mantém relativamente estável em torno das populações citadas (37, 49, 51), inclusive

TABELA 35 - Rendimento (kg.ha^{-1}) corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro da variedade 'FT Bonito'. Efeito de populações de plantas em sistemas de semeadura e espaçamentos entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/90

Sistemas de Semeadura e Espaçamentos entre fileiras							
SC – 0,35 m [§]		SC – 0,50 m [§]		SD – 0,35 m [§]		SD – 0,50 m [§]	
População de plantas ⁺	Rendimento (kg.ha^{-1})	População de plantas ⁺	Rendimento (kg.ha^{-1})	População de plantas ⁺	Rendimento (kg.ha^{-1})	População de plantas ⁺	Rendimento (kg.ha^{-1})
251.000	1.464	170.000	1.820	247.000	1.596	130.000	1.580
358.000	1.455	247.000	1.954	297.000	1.673	155.000	1.631
382.000	1.456	287.000	1.947	386.000	1.643	208.000	1.636
387.000	1.509	307.000	1.882	413.000	1.659	223.000	1.834

[§] SC = Semeadura convencional, SD = Semeadura direta

⁺ População de plantas colhidas por hectare

quando a mesma variedade 'FT Bonito' foi utilizada (54) e, os rendimentos médios foram parecidos aos obtidos nestes experimentos pelo efeito de populações de plantas. Outros também coincidem ou mostram disparidades com os destes experimentos. Em alguns deles, diferentes populações de plantas não influenciam no rendimento de grãos (48, 58, 82) e em outros, os rendimentos foram relativamente maiores em espaçamentos mais abertos (48, 58, 82, 104, 108), sejam porque as plantas produziram maior número de vagens, por área, ou pelo aumento no tamanho de grãos, ou por possuírem maior quantidade de pontos de frutificação em variedade de hábito indeterminado (10, 46).

Em relação às doses de nitrogênio aplicados, os rendimentos não foram significativamente influenciados pelas doses aplicadas, com a única exceção ocorrida no sistema de semeadura direta com 0,50 m entre fileiras sem aplicação de nitrogênio (Tabela 36), onde o rendimento médio foi o menor de todos os experimentos. Esse rendimento pode ser considerado como resultado da competição ocorrida entre as plantas de feijão, especialmente pelo nitrogênio, pois este pode haver estado imobilizado na resteva e indisponível para as plantas, impedindo o crescimento das mesmas, contribuindo dessa maneira para que a população de plantas no momento da colheita seja a menor de todos os experimentos, assim, o rendimento médio de grãos, diminui. Outro fator que pode ter contribuído para a depressão do rendimento, foi a presença de plantas invasoras, especialmente poáceas e ciperáceas, que emergiram posterior à aplicação do herbicida, competindo com as plantas de feijão, atrasando o crescimento das mesmas.

É possível observar também na mesma Tabela 36, que as médias dos rendimentos, independente das doses de nitrogênio, em sistema de semeadura convencional com espaçamento de 0,50 m entre fileiras, eram os mais elevados aos dos outros experimentos.

Comparando os resultados deste trabalho com outros citados na literatura, depara-se com resultados onde o nitrogênio apresenta comportamentos antagônicos, alguns mostram rendimentos decrescentes com o aumento na aplicação de nitrogênio (35), aumentos proporcionais e lineares a maiores doses de nitrogênio (6, 23, 38, 42, 43, 58, 99) e, outros sem nenhum efeito sobre os rendimentos (4, 21, 45, 105), a semelhança com os resultados destes experimentos, exceção do realizado em semeadura direta com 0,50 m entre fileiras.

A análise do solo onde foram instalados os experimentos, revela que o conteúdo de matéria orgânica era suficientemente elevado, 5,6% em semeadura convencional e 7,2% em semeadura direta. Esta característica do solo, pode ter proporcionado as quantidades da demanda de nitrogênio das plantas nos dois sistemas de semeadura para todas as populações. Dessa maneira, o nitrogênio disponível no solo para o tratamento sem aplicação de nitrogênio, possivelmente foi suficiente para o crescimento do feijoeiro, sendo

possivelmente os processos de mineralização da matéria orgânica e de fixação biológica, os processos ocorridos no solo que contribuíram para o suprimento natural de nitrogênio (91, 93), em particular em semeadura convencional.

TABELA 36 - Rendimento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), corrigido para 13% de umidade, de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito'. Efeito de doses de nitrogênio em sistemas de semeadura e espaçamentos entre fileiras, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/90

Doses de Nitrogênio ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Sistemas de Semeadura e Espaçamentos entre fileiras			
	SC [§] – 0,35 m	SC – 0,50 m	SD [§] – 0,35 m	SD – 0,50 m
	Rendimento de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)			
0	1.521	1.928	1.515	1.339 b
40	1.440	1.870	1.686	1.814a
80	1.519	1.853	1.697	1.725a
120	1.398	1.953	1.674	1.804a

[†] Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

[§] SC = Semeadura convencional, SD = Semeadura direta

Nas parcelas de semeadura direta, os restos das fabáceas que compunham a cobertura vegetal, mais o conteúdo de matéria orgânica no solo, podem ter contribuído para o suprimento de nitrogênio. Os resultados também mostram uma leve aumento nos rendimentos com a aplicação de até $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, especialmente em semeadura direta, apesar de não serem resultados consistentes, como também mostram outros experimentos (78, 96).

As quantidades de adubo nitrogenado aplicado foram calculadas em termos de área e sua distribuição realizada ao lado de cada fileira, o qual supõe disponibilidade idêntica para todas plantas em cada fileira para cada dose aplicada. Por outro lado, as condições de umidade disponível pelas raízes, por efeito das chuvas caídas durante o ciclo da cultura, foram satisfatórias, pode ter contribuído para que a eficácia na utilização do nitrogênio fosse maior, condicionado dessa maneira que seja mais difícil a possibilidade de haver diferenças entre os rendimentos.

Considerando os custos da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e as características da fertilidade natural que ofereça o solo para o desenvolvimento das plantas e, segundo as condições em que se desenvolveram estes experimentos, aplicações de doses médias de nitrogênio, entre 40 a $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ para fins de reposição do nutriente extraído pelas diferentes partes da planta, especialmente considerando a exportação via

grãos, seria suficiente para se obter rendimentos físicos elevados e economicamente satisfatórios, em ambos os sistemas de semeadura. Resulta evidente a necessidade de uma rigorosa análise da relação custo-benefício para definir quanto nitrogênio deverá ou poderá ser aplicado ao solo, assim como a viabilidade de produzi-lo em condições de semeadura direta, com a particularidade do sistema de manter a sustentabilidade de produção, pela conservação do fator mais difícil de ser mudado, o solo.

É de se notar também que as populações iniciais e finais em semeadura convencional foram mais elevadas do que no sistema de semeadura direta, com a particularidade de as reduções ocorridas foram percentualmente semelhantes em cada espaçamento entre fileiras em ambos os sistemas de semeadura. As populações finais para se obter os rendimentos mais elevados em todos os tratamentos testados e em ambos os sistemas de semeadura, variaram em média entre 230 mil até 380 mil plantas por hectare, valores bastante cercanos a outros citados na literatura, particularmente em semeadura convencional, em que com maiores populações iniciais ocorrem maiores reduções na quantidade final de plantas (42, 43, 104). Assim, pode-se inferir que o feijoeiro possui uma capacidade de autoregular o número de plantas até níveis em que a competição entre elas se torne suportável para a espécie e para cada variedade; que a planta de feijoeiro ocupa um espaço próprio segundo a plasticidade que seu hábito de crescimento permite, expressa seu potencial em resposta às condições impostas pelo ambiente em que se desenvolve, compensando a grande variação do número de plantas (49, 97), atingindo uma produção de grãos aceitável com aplicações de adubos que permita sustentar a produção e repor a utilização e retirada dos mesmos.

Por outro lado, as plantas semeadas em espaçamento de 0,50 m entre fileiras, apresentaram rendimentos numericamente mais elevados, em ambos os sistemas de semeadura. Desde este ponto de vista, esse espaçamento de 0,50 m entre fileiras, apresenta alguma vantagem sobre o espaçamento menor, em que as atividades de cuidados culturais, por exemplo, aplicação de defensivos e adubação em cobertura, seria mais fácil de ser realizada utilizando maquinária agrícola, que evitaria por outro lado, menor grau de perda de plantas pela passagem das rodas.

5 CONCLUSÕES

1 Plantas com espaçamento entre fileiras de 0,50 m, em sistema de semeadura convencional, apresentam rendimentos nominais mais elevados.

2 As populações de plantas utilizadas não influenciam o rendimento de grãos.

3 Os melhores rendimentos são obtidos com populações variando entre 250 e 300 mil plantas por hectare.

4 Não há resposta definida ao nitrogênio aplicado.

5 O espaçamento de 0,50 m entre fileiras permite melhor desenvolvimento das plantas e tratos culturais mais eficientes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ADAMS, V.W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field beans, *Phaseolus vulgaris*. **Crop Science**, Madison, v.7, n.5, p.505- 510, 1967.
- 2 ALMEIDA, A.A.F. de; LOPES,N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, R.S. Desenvolvimento e partição de assimilados em *Phaseolus vulgaris* submetido a três doses de nitrogênio e três níveis de luz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.8, p. 837-847, 1988.
- 3 ALONÇO, A.S.; ANTUNES, I.F. Semeadura direta de feijão em restava de trigo, visando a colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p.919-922, 1997.
- 4 ARF, O.; FERREIRA, E.C.; CARVALHO, M.A.C. de; SÁ, M.E. de; BUZETTI, S. Efeito de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (6.: Salvador: 1999). **Resumos Expandidos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 1999. p. 790-793.
- 5 BARKER, A.V.; VOLK, R.J., JACKSON, W.A.. Growth and nitrogen distribution patterns in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to ammonium nutrition: I. Effect of carbonates and acidity control. **Soil Science Society of American Proceeding**, Madison, v. 30,n. 2, p.228-232, 1966.
- 6 BASSAN, D.A.Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B. dos; CARVALHO, M.A.C. de. Efeito da inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no periodo "de inverno". In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (6.: Salvador: 1999). **Resumos Expandidos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 1999. p. 785-787.
- 7 BAYUELO JIMÉNEZ, J.S.; ESCALANTE ESTRADA, J.A.; KOHASHI-SHIBATA, J.; BACA CASTILLO, G. Efecto de la restricción de nitrógeno sobre la biomasa, rendimiento y sus componentes de *Phaseolus vulgaris* L. **Agrociencia**, Montecillo, Méjico, v. 5, n. 2, p. 25-33, 1994.
- 8 BAYUELO JIMÉNEZ, J.S.; ESCALANTE ESTRADA, J.A.; KOHASHI-SHIBATA, J. Nitrógeno, abscision de órganos reproductivos y rendimiento en frijol. **Agrociencia**, Montecillo, Méjico, v. 30, n. 4, p. 515-521, 1996.

- 9 BEGG, J.E. and TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, New York, v. 28, p. 161-217, 1976.
- 10 BENNETT, J.P., ADAMS, M.W., BURGA, C. Pod yield component variation and intercorrelation in *Phaseolus vulgaris* L. as affected by planting density. **Crop Science**, Madison, v.17, n.1, p.73-75, 1977.
- 11 BELOW, F.E. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: PESSARAKLI, M (Ed) **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker Inc. 1995. p.275-301.
- 12 BERGAMASCHI, H. **Perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo e da atmosfera**. Piracicaba: 1984. 204 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- 13 BERTOL, I. **Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e presença de cobertura vegetal por resíduo cultural de trigo**. Porto Alegre: 1985. 158 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Solos) - Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 14 BINNIE, R.C.; CLIFFORD, P.E. Flower and pod production in *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.97, p.397-402, 1981.
- 15 BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1103-1106, 1994.
- 16 BOYER, J.S. Plant productivity and environment. **Science**, Washington, v. 218, p. 443-448, 1982.
- 17 BRANDES, D.; VIEIRA, C.; MAESTRI, M.; GOMES, F.R. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I - Mudanças morfológicas e produção de matéria seca. **Experientiae**, Viçosa, v.14, n.1, p.1-49, 1972.
- 18 BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II – Análise de crescimento. **Experientiae**, Viçosa, v.15, n.1, p.1-21, 1973.
- 19 CARDINA, J.; REGNIER, E.; SPARROW, D. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) competition and economic thresholds in conventional and no-tillage corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Madison, v.43, n.1, p.81-87, 1995.
- 20 CAREFOOT, J.M.; NYBORG, M.; LINDWALL, C.W. Tillage-induced soil changes and related grain yield in a semi-arid region. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 70, p. 203-214, 1990.

- 21 CARVALHO, E. G. de; ARF, O.; SA, M.E.de; BUZETTI, S. Efeito de nitrogênio, mlibdênio e inoculação das sementes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) na região de Selvíria, MS. I – Produção de sementes. **Científica**, São Paulo, v.26, n.1/2, p.45-58, 1998.
- 22 CHIKOYE, D.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Influence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) time of emergence and density on white bean (*Phasolus vulgaris*). **Weed Science**, Madison, v.43, n.3, p.375-380, 1995.
- 23 CRAFTON, K.F.; SCHNEITER, A.A.; NAGLE, B.J. Row spacing, plant population, and genotype x row spacing interaction effects on yield componentes of dry bean. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.4, p.631-634, 1988.
- 24 CROTHERS, S.E.; WESTERMANN, D.T. Plant population effects on the yield of *Phaseolus vulgaris* L. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, n.6, p.958-960, 1976.
- 25 CRUZ, J.L.; RAMALHO, M.A.P.; MARTINS, L.A.; PELACANI, C.R. Relação entre rendimento, componentes primários e parâmetros de enchimento dos grãos de feijoeiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.5, n.2, p.159-162, 1993.
- 26 COELHO, F.C.; FREITAS, S. de P.; MONERAT, P.H.; DORNELLES, M.S. Efeitos sobre a cultura do feijão das adubações com nitrogênio e molibdênio e do manejo de plantas daninhas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.48, n.278, p.455-467, 2001.
- 27 DAPAAH, H.K.; McKENZIE, B.A.; HILL, G.D. Influence of sowing date and irrigation on the growth and yield of pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in a sub-humid temperate environment. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 134, p. 33-43, 2000.
- 28 DAROS, E. **Comportamento do feijoeiro submetido a estresses por sombreamento e desfolhamento**. Curitiba: 1997. 157 f. Tese (Doutor em Ciências - Produção Vegetal) – Setor de Ciências Agrárias , Universidade Federal do Paraná.
- 29 DERPSH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKI, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Londrina: IAPAR/GTZ, 1991. 272p.
- 30 DORMAAR, J.F.; CAREFOOT, J.M. Implications of crop residue management and conservation tillage on soil organic matter. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 76, p. 627-634, 1996.
- 31 DUARTE, A.R.; ADAMS, M.W. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Science**, Madison, v.12, n.5, p.579-582, 1972.
- 32 EASTIN, J.A.; GRITTON, E.T. Leaf area development, light interception, and the growth of canning peas (*Pisum sativum* L.) in relation to plant population and spacing. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, p.612-615, 1969.

- 33 EDGE, O. T.; MUGHOGHO, E.L. and AYONOADU, U.W.V. Response of dry beans to varying nitrogen levels. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, p.251-255, 1975.
- 34 EGLI, D.B. Rate of accumulation of dry weight in seed of soybeans and its relationship to yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 55, p. 215-219, 1975.
- 35 EIRA, P.A.; PESSANHA, G.G.; BRITTO, D.P.P.S.; CARBAJAL, A.R. Comparação de esquemas experimentais em experimentos de adubação mineral de nitrogênio e fósforo na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.8, p.121-125, 1973.
- 36 EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- 37 FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed) **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. 2 ed. Piracicaba: Publique, 1997. p.100-120.
- 38 FEITOSA, C.T.; RONZELLI JÚNIOR, P.; ALMEIDA, L.D. de; VEIGA, A.A.; HIROCE. R.; JORGE, J.P.N. Adubação NP para o feijoeiro na presença e ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.3, p.156-159, 1980.
- 39 FERNÁNDEZ, F; GEPTS, P; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: LÓPEZ, M; FERNÁNDEZ, F; VAN SCHOONHOVEN, A. (Edits.). **Frijol: Investigación y producción**. Cali: CIAT, 1985. p. 61-88.
- 40 FONTES, L.A.M.; GOMES, F.R.; VIEIRA, C. Resposta do feijoeiro à aplicação de N, P, K, e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.2, n.71, p.265-285, 1965.
- 41 FREDERICK, J.R.; BAUER, P.J.; BUSSCHER, W.J.; McCUTCHEON, G.S. Tillage management for double cropped soybean grown in narrow and wide row width culture. **Crop Science**, Madison, v.38, n.3, p.755-762, 1998.
- 42 FRONZA, V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; CRUZ, C.D. Resposta de cultivares eretos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamentos entre linhas e níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.235, p.317-326, 1994.
- 43 FRONZA, V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, P.R.G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte ereto ao efeito de espaçamentos entre linhas e níveis de adubação mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.237, p.567-583, 1994.
- 44 FT PESQUISA E SEMENTES. Lançamentos. Ponta Grossa, FT-Sementes, s/v, s/n, s/d (Folder).
- 45 FULLIN, E.A.; ZANGRANDE, M.B.; LANI, J.A.; MENDONÇA, L.F. de; DESSAUNE FILHO, N. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1145-1149, 1999.

- 46 GRAFTON, K.F.; SCHNEITER, A.A.; NAGLE, B.J. Row spacing, plant population, and genotype by row spacing interaction effects on yield and yield components of dry bean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 631-634, 1988.
- 47 HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.9, p.1021-1030, 1985.
- 48 HORN, F.L.; SCHUCH, L.O.B.; SILVEIRA, E.P.; ANTUNES, I.F.; VIEIRA, J.C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D.F.; SCHWENGBER, J.E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.1, p. 41-46, 2000.
- 49 HUYGHE, C. Genetic and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. **Agronomie**, Paris, v.18, p.383-411, 1998.
- 50 JADOSKI, S.O.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; WOLSCHICK, D.; CERVO, L. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. I: Comportamento morfológico das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.559-565, 2000 a.
- 51 JADOSKI, S.O.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; WOLSCHICK, D.; CERVO, L. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: Rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.567-573, 2000 b.
- 52 KAHN, B.A.; STOFFELLA, P.J.; SANDSTED, R.F.; HYMES, W.L. Effects of between-row spacing, cultivation and genotype on growth and yield of black beans. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.106, n.6, p.719-723, 1981.
- 53 KOZLOWSKI, L.A. **Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta**. Curitiba: 1999. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 54 KRINSKI, S.A.; SCHAMNE, J.A.; ABE, F.N.; RONZELLI JÚNIOR, P. População de plantas para duas variedades de feijão-comum. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (6.: Salvador: 1999). **Resumos Expandidos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 1999. p. 699-701.
- 55 KUENEMAN, E.A.; SANDSTED, R.F.; WALLACE, D.H.; BRAVO, A.; WIEN, H.C. Effect of plant arrangements and densities on yields of dry beans. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, n.3, p.419-424, 1979.
- 56 LAFOND, G.P.; BOYETCHKO, S.M.; BRANDT, S.A.; CLAYTON, G.W.; ENTZ, M.H. Influence of changing tillage practices on crop production. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 76, p.641-649, 1996.

- 57 LAL, R. Conservation tillage for sustainable agriculture: Tropical versus temperate environments. **Advances in Agronomy**, New York, v. 42, 85-97. 1989.
- 58 LIMA, A. de A.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; DEFELIPO, B.V.; CONDÉ, A.R. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamentos de plantio e níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v.39, n. 169, p. 245-248, 1983.
- 59 MALAVOLTA, E. Nutrição e Adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., 1971, Campinas. **Anais**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1972. p. 211-242.
- 60 MARELLI, H.J.; ARCE, J.M. Siembra directa de soja sobre trigo. In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN DE LA SOYA, (4.: Buenos Aires: 1989). **Actas**. Buenos Aires: AASOYA, 1989: p.605-614.
- 61 MARUBAYASHI, O.M.; CARDOSO, C. Arranjo espacial de plantas de feijão I. Características morfológicas e componentes de produção. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (6.: Salvador: 1999). **Resumos Expandidos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 1999. p. 617-620.
- 62 MASCIANICA, M.P.; WILSON, R.F.W.; HINES, T.E.; BELLINDER, R.R.. No-tillage snap bean growth in wheat stubble of varied height. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.6, p.853-857, 1986.
- 63 MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v 4, p.83-88, 1980.
- 64 MENDES, I.C.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Eficiência fixadora de estirpes de rizóbio em duas cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.421-425, 1994.
- 65 MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; CAMPANA, M. Adubação mineral do feijoeiro. II. Efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em terra roxa misturada. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.13, p.145-160, 1966.
- 66 MOUHOUCHE, B.; RUGET, F.; DELÉCOLLE, R. Effects of water stress applied at different phenological phases on yield components of dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomie**, Paris, v. 18, p. 197-205, 1998.
- 67 MOURA, G.M. de. Efeito do desfolhamento no rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p. 57-62, 1999.
- 68 MULLINS, C.A.; TOMPKINS, F.D.; PARKS, W.L. Effects of tillage methods on soil nutrient distribution, plant nutrient absorption, stand, and yields of snap beans and lima beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.105, n.4, p.591-593, 1980.

- 69 OLIVEIRA, I.P.; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p.169-221.
- 70 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Boletín Trimestral FAO de Estadísticas: Vol 12 (3/4), 1997. Roma: FAO, 1999. 152p.
- 71 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Anuario Estadístico: Vol 51, 1997. Roma: FAO, 1999. 398p. (Colección FAO: Estadística nº 146)
- 72 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Anuario Estadístico: Vol 52, 1998. Roma: FAO, 1999. 233p. (Colección FAO: Estadística nº 148)
- 73 PEIXOTO, R.T. dos G.; ELTZ, F.L.F. Avaliação da fertilidade do solo em plantio direto na região dos Campos Gerais. Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO (18.: Londrina: 1986). **Resumos**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1986. p. 56.
- 74 PEIXOTO, R.T. dos G. Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: PEIXOTO, R.T. dos G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.) **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR-PRP/PG, 1997. p.186-205.
- 75 PEIXOTO, R.T. dos G. Matéria orgânica: frações e transformações no solo. In: SÁ, J. C. de M. (Ed.) **Curso sobre manejo do solo no sistema Plantio direto** (Castro, PR.: 1995). **Anais**. Castro: Fundação ABC, 1996.
- 76 PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; MENDES, I.C.; VARGAS, M.A.T. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.415-420, 1994.
- 77 PHILLIPS, R.S.; PHILLIPS, S.H.. **No tillage agriculture, principles and practices**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1974. 306p.
- 78 PIASKOWSKI, S.R. **Adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do feijoeiro em sistema de plantio direto na palha**. Curitiba: 1999. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 79 RABERY-CÁCERES, S.H. **Conservação de água para soja em relação à cobertura e manejo do solo**. Porto Alegre: 1991. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- 80 RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S. **Weed ecology: Implications for vegetation management**. New York, John Wiley & Sons, 1984. 261p.
- 81 REINHARD, M. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: CODEPAR, UFPR, IBPT, 1968. 350p.
- 82 ROBINS, J.S.; DOMINGO, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. **Agronomy Journal**, Madison, v.46, n.2, p.67-70, 1956.
- 83 RODRIGUES, B.N. Controle de plantas daninhas em plantio direto. In: PEIXOTO, R.T. dos G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.) **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR-PRP/PG, 1997.
- 84 RONZELLI JÚNIOR, P. Competição entre variedades de feijão-comum, tipos preto e carioca, recomendadas para o Estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (6.: Salvador: 1999). **Resumos Expandidos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 1999. p. 307-309.
- 85 ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: SILVA, R.A.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.) **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p.353-390.
- 86 SAMPAIO, G.V.; GALVÃO, J.D.; FONTES, L.A.N.; FIGUEIREDO, M. de S.; CARDOSO, A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre o consorcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.36, n.208, p.465-482, 1989.
- 87 SANDOVAL-AVILA, D.M.; MICHAELS, T.E.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. Effect of tillage practice and planting pattern on performance of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ontario. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 74, p. 801-805, 1994.
- 88 SCHOENAU, J.J.; CAMPBELL, C.A. Impact of crop residues on nutrient availability in conservation tillage systems. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 76, p. 621-626, 1996.
- 89 SGUÁRIO JR., J.C. **Avaliação de doses e métodos de aplicação de potássio na cultura do feijoeiro comum, em sistema de plantio direto na palha**. Curitiba: 1999. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 90 SHAW, R.H.; WEBER, C.R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n. 1, p.155-159, 1967.
- 91 SILVA, C.A.; VALE, F.R. do; SIQUEIRA, J.O.; FAQUIN, V. Crescimento inicial do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influencia da acidez do solo e de fontes de nitrogênio mineral. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 19, n. 14, p. 375-382, 1995.

- 92 SINCLAIR, T.R.; WITT, C.T. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. **Science**, Washington, v. 189, p. 565-567, 1975.
- 93 SKARPHOL, B.J.; COREY, K.A.; MEISINGER, J.J. Response of snap beans to tillage and cover crop combinations. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.6, p.936-941, 1987.
- 94 SMITTLE, D.A. Response of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.101, n.1, p.37-40, 1976.
- 95 SOLIS MOYA, E.; MIRANDA COLÍN, S. Habilidad represiva en frijol (*Phaseolus vulgaris* L). **Agrociencia**, Montecillo, v.4, n.1, p.35-44, 1993.
- 96 SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B. da; CHIDI, S.N.; ARF, O.; BUZETTI, S. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. I – Características agronômicas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (6.: Salvador: 1999). **Resumos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 1999. p. 854-857.
- 97 STANG, J.R.; MACK, H.J.; ROWE, K.E. Quantitative relation of bush snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield to plant population density. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.104, n.6, p. 873-875, 1979.
- 98 STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.
- 99 URBEN FILHO, G.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N.; THIÉBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 151, p.302-312, 1980.
- 100 URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.
- 102 URQUIAGA-CABALLERO, S.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; MATSUI, E.; VICTÓRIA, R.L. Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.9, p.1031-1040, 1985.
- 102 VANCE, C.P.; GRIFFITH, S.M. The molecular biology of N metabolism. In: DENIS, D.T.; TURPIN, D.H. (Ed) **Plant physiology, biochemistry and molecular biology**. Singapore,: Logman Group Ltd., 1995. p.373-388.
- 103 VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 195-199, 1999.

- 104 VIEIRA, C. Efeitos da densidade de plantio sobre a cultura do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.15, n. 83, p.44-53, 1968.
- 105 VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Ensaio de adubação química do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.11, p.253-264, 1961.
- 106 VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa: Imprensa universitária, 1978. 146p.
- 107 VILHORDO, B.W.; MÜLLER, L.; EWALD, L.F.; LEÃO, M.L. Hábito de crescimento em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.16, n.1, p.79-98, 1980.
- 108 WAHAB, M.N.J., ABBS, D.H. and BAKER, R.J. Effects of planting density and desing on pod yield of bush snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 66, p. 669-675, 1986.
- 109 WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 755-761, 1991.
- 110 WESTERMANN, D.T.; CROTHERS, S.E. Plant population effects on the seed yield components of beans. **Crop Science**, Madison, v.17, p.493-496, 1977.
- 111 WESTERMANN, D.T.; PORTER, L.K. and ODEEN, W.A. Nitrogen partitioning and mobilization patterns in bean plants. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 225-229, 1985.
- 112 WHITE, J.W.; IZQUIERDO, J. **Frijol: Fisiologia del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés**. Santiago de Chile: FAO, 1989. 91p.
- 113 WILHELM, W.W.; DORAN, J.W.; POWER, J.F. Corn and soybean yield response to crop residue management under no-tillage production system. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n.1, p.184-189, 1986.
- 114 WORTMANN, Ch.S. Contribution of bean morphological characteristics to weed suppression. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 840-843, 1993.
- 115 XU, CH; PIERCE, F.J. Dry bean and soil response to tillage and row spacing. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.393-399, 1998.
- 116 YUSUF, R.I.; SIEMENS, J.C.; BULLOCK, D.G. Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, p. 928-933, 1999.

ANEXOS

ANEXO 1 – Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPB, Pinhais, PR, 1998/99

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios								Índice de Colheita
		Massa Seca		Área Foliar	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Massa de 100 Grãos	Altura da Planta (colheita)	Rendimento	
		Parte Aérea	Folhas							
Bloco	3	155,290 ^{ns}	9,178 ^{ns}	147966,552 ^{ns}	13,697 ^{ns}	0,115 ^{ns}	1,042 ^{ns}	96,572 ^{ns}	23249,766 ^{ns}	0,002 ^{ns}
População (P)	3	110,166 ^{ns}	18,927 ^{ns}	301348,257 ^{ns}	179,612*	0,329 ^{ns}	1,506 ^{ns}	6,996 ^{ns}	10727,307 ^{ns}	0,007*
Nitrogênio (N)	3	113,451 ^{ns}	36,450 ^{ns}	532079,850 ^{ns}	8,042 ^{ns}	0,452*	4,025**	1,229 ^{ns}	57199,641 ^{ns}	0,007*
P x N	9	116,535*	36,130*	572520,944*	22,706 ^{ns}	0,193 ^{ns}	0,626 ^{ns}	4,318 ^{ns}	13799,141 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Erro	45	54,624	14,976	235704,804	14,540	0,127	0,845	3,380	19569,243	0,002
Coeficiente de Variação (%)		25,65	25,62	25,54	19,05	10,04	5,46	8,46	9,51	7,66
χ^2 (Chi-quadrado)		15,148	8,187	7,465	9,728	11,791	20,05	9,828	18,816	22,965

* Diferença significativa pelo teste de F a 5% de probabilidade

** Diferença significativa pelo teste de F a 1% de probabilidade

^{ns} Diferença não significativa pelo teste de F.

ANEXO 2 – Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura convencional, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios								
		Massa Seca		Área Foliar	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Massa de 100 Grãos	Altura da Planta (colheita)	Rendimento	Índice de Colheita
		Parte Aérea	Folhas							
Bloco	3	1594,905 ^{ns}	127,476 ^{ns}	2112418,102 ^{ns}	159,867 ^{ns}	0,159 ^{ns}	32,164 ^{ns}	22,504 ^{ns}	86567,650 ^{ns}	0,033 ^{ns}
População (P)	3	3056,818 ^{**}	647,563 ^{ns}	10238023,381 ^{ns}	347,253 ^{**}	0,225 ^{ns}	0,068 ^{ns}	9,434 ^{ns}	70975,705 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Nitrogênio (N)	3	181,478 ^{ns}	93,619 ^{ns}	1303228,647 ^{ns}	71,845 ^{ns}	0,904 ^{ns}	1,314 ^{ns}	0,681 ^{ns}	30702,292 ^{ns}	0,010 [*]
P x N	9	211,128 ^{ns}	102,365 ^{**}	1567927,848 [*]	15,612 ^{ns}	0,410 [*]	3,283 ^{ns}	9,083 ^{ns}	72568,931 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Erro	45	211,488	36,256	573959,245	31,903	0,186	2,872	5,760	59308,725	0,002
Coeficiente de Variação (%)		25,57	25,37	25,78	19,97	10,79	8,51	9,61	12,85	7,23
χ^2 (Chi-quadrado)		15,153	8,339	8,891	9,65	15,069	15,358	13,743	12,742	12,487

* Diferença significativa pelo teste de F a 5% de probabilidade

** Diferença significativa pelo teste de F a 1% de probabilidade

^{ns} Diferença não significativa pelo teste de F.

ANEXO 3 – Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,35 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios								
		Massa Seca		Área Foliar	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Massa de 100 Grãos	Altura da Planta (colheita)	Rendimento	Índice de Colheita
		Parte Aérea	Folhas							
Bloco	3	31,354 ^{ns}	7,921 ^{ns}	136217,767 ^{ns}	17,146 ^{ns}	1,428 ^{ns}	1,454 ^{ns}	3,261 ^{ns}	223123,432 ^{ns}	0,021 ^{ns}
População (P)	3	231,818*	64,563**	1016581,454*	57,534*	0,079 ^{ns}	0,804 ^{ns}	4,452 ^{ns}	18204,266 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Nitrogênio (N)	3	23,587 ^{ns}	18,729 ^{ns}	273230,647 ^{ns}	56,057*	1,049 ^{ns}	0,034 ^{ns}	1,084 ^{ns}	118398,682 ^{ns}	0,002 ^{ns}
P x N	9	59,311 ^{ns}	14,415 ^{ns}	205987,849 ^{ns}	7,720 ^{ns}	0,211 ^{ns}	0,400 ^{ns}	2,947 ^{ns}	56864,155 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Erro	45	71,349	17,072	262401,259	11,316	0,208	0,965	1,369	53106,310	0,003
Coeficiente de Variação (%)		15,88	16,06	16,24	19,52	11,36	4,47	3,66	14,02	8,97
χ^2 (Chi-quadrado)		17,195	20,134	17,445	13,831	21,422	17,844	20,328	12,859	18,204

* Diferença significativa pelo teste de F a 5% de probabilidade

** Diferença significativa pelo teste de F a 1% de probabilidade

^{ns} Diferença não significativa pelo teste de F.

ANEXO 4 – Análise de variância das determinações das massas secas da parte aérea e de folhas, área foliar, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, altura da planta no momento da colheita, rendimento e índice de colheita aparente de plantas de feijoeiro, variedade 'FT Bonito', em sistema de semeadura direta, 0,50 m de espaçamento entre fileiras, quatro populações de plantas e quatro doses de nitrogênio, EEC/UFPR, Pinhais, PR, 1998/99

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios								
		Massa Seca		Área Foliar	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Massa de 100 Grãos	Altura da Planta (colheita)	Rendimento	Índice de Colheita
		Parte Aérea	Folhas							
Bloco	3	757,017 ^{ns}	63,651 ^{ns}	2526229,580 ^{ns}	123,797 ^{ns}	0,294 ^{ns}	0,275 ^{ns}	55,522 ^{ns}	244344,182 ^{ns}	0,006 ^{ns}
População (P)	3	1237,586 ^{**}	203,713 ^{**}	4847561,816 ^{**}	164,346 [*]	0,457 ^{ns}	0,457 ^{ns}	1,167 ^{ns}	200639,641 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Nitrogênio (N)	3	549,506 ^{**}	153,415 ^{**}	273458,191 ^{**}	88,196 [*]	0,915 [*]	0,761 ^{ns}	0,384 ^{ns}	806221,432 [*]	0,001 ^{ns}
P x N	9	103,558 ^{ns}	18,579 ^{ns}	366604,263 ^{ns}	12,056 ^{ns}	0,217 ^{ns}	0,495 ^{ns}	1,055 ^{ns}	60801,141 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Erro	45	126,699	20,273	391057,950	19,602	0,236	0,549	2,579	79552,438	0,007
Coeficiente de Variação (%)		18,35	15,46	17,19	22,24	12,25	3,62	8,20	16,88	14,54
χ^2 (Chi-quadrado)		23,691	14,898	22,575	20,607	14,013	16,390	10,850	18,255	5,51

* Diferença significativa pelo teste de F a 5% de probabilidade

** Diferença significativa pelo teste de F a 1% de probabilidade

^{ns} Diferença não significativa pelo teste de F.